Los documentos indicados en la tabla no invalidan, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega. La Fiscalización se debe abstener de aceptar el empleo de suministros de cementos asfálticos, que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante indicado en la tabla precedente.

Control de calidad.

Si con el producto se aportan los documentos que se indican en la tabla "Certificado de calidad del fabricante o proveedor de cemento asfáltico modificado con polímero" que acredite el cumplimiento de los requisitos de clase y calidad establecidos en esta especificación y/o documento que acredite la homologación de la marca, sello o distintivo de calidad del producto, los criterios descritos a continuación para realizar el control de recepción de las cisternas, no son de aplicación obligatoria, sin perjuicio de las facultades que corresponden a la Fiscalización de las Obras.

De cada partida suministrada, se deben tomar dos (2) muestras de al menos 2,5 Kg en la recepción de la misma. Sobre una de las muestras se deben realizar las determinaciones que se indican en la tabla siguiente. La otra muestra debe ser conservada en carácter de muestra para ensayos de contraste para cuando alguna de las partes manifieste disconformidad con los resultados iniciales. Si los resultados de las pruebas de contrate no son satisfactorios, se debe rechazar el producto y las mezclas que eventualmente se hubiesen fabricado con él:

DETERMINACIONES DE CONTROL A REALIZAR SOBRE UNA DE LAS MUESTRAS EN LA RECEPCIÓN DEL PRODUCTO		
Ensayo	**Norma**	**Frecuencia**
Penetración estándar (25 °C; 100 g; 5 s)	ASTM D-5	En cada partida recibida
Punto de ablandamiento anillo y esfera	ASTM D-36	
Recuperación elástica torsional	IRAM 6830	
Viscosidad rotacional a tres temperaturas 150; 170 y 190 °C.	IRAM 6836: 1998	

Si los resultados de las pruebas de contraste no son satisfactorios, se debe rechazar el producto y las mezclas que eventualmente se hubiesen fabricado con él.

En el caso de cementos asfálticos modificados con polímeros fabricados en el lugar de empleo, se deben tomar dos (2) muestras cada cincuenta toneladas (50 t) de producto fabricado y, al menos, dos (2) cada jornada de trabajo de las tuberías de salida de la instalación de fabricación del ligante modificado, conservando una (1) muestra hasta el final del período de garantía, y realizando sobre la otra los ensayos indicados en la tabla precedente.

Debe verificarse que el calentamiento del asfalto, antes de su mezcla con los agregados pétreos, impida la oxidación prematura del producto o degrade el polímero y se ajuste a las exigencias del ítem en ejecución.

Depósito de Almacenamiento de Cemento Asfáltico.

El cemento asfáltico se debe almacenar en uno o varios tanques, adecuadamente aislados entre sí, que deben estar provistos de bocas de ventilación para evitar que

Ing. Elías Ruiz Díaz
Jefe de Obras

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

trabajen a presión y deben contar con los instrumentos de medida y seguridad necesarios, situados en puntos de fácil acceso. Además, deben contar con dispositivos de calentamiento que permitan mantener la temperatura adecuada del producto para su mezcla con los agregados.

Los tanques deben estar aislados térmicamente y provistos de termómetros situados en puntos bien visibles. Deben contar con su propio sistema de calefacción, capaz de evitar que, por cualquier anomalía, la temperatura del producto se desvíe de la fijada para el almacenamiento en más de diez grados Celsius (10 °C). Deben disponer de una válvula adecuada para la toma de muestras. Debe evitarse los sobrecalentamientos localizados que pueden degradar el producto.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, las cisternas empleadas para el transporte de cemento asfáltico deben contar de medios neumáticos o mecánicos para el trasvase rápido de su contenido a los mismos. Cuando se empleen bombas en esta operación serán preferibles las de tipo rotativo a las centrífugas.

Todas las tuberías y bombas utilizadas para el trasvase del cemento asfáltico modificado, desde la cisterna de transporte al tanque de almacenamiento y de éste al equipo de empleo, deben estar calefaccionadas, aisladas térmicamente. Además, deben estar dispuestas de modo que se puedan limpiar fácil y perfectamente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.

El tiempo máximo de almacenamiento y la necesidad o no, de disponer de sistemas de homogeneización en el transporte y en los tanques de almacenamiento, se debe determinar de acuerdo con las características del ligante modificado. No obstante, si el cemento asfáltico modificado con polímero hubiese estado almacenado en condiciones atmosféricas normales, durante un plazo superior a quince (15) días, antes de su empleo, se realizarán, como mínimo, sobre dos (2) muestras, una de la parte superior y otra de la inferior del depósito de almacenamiento, los siguientes ensayos:

- Penetración estándar.
- Recuperación elástica torsional.
- Viscosidad rotacional.

En condiciones atmosféricas desfavorables o de obra anormales, La Fiscalización puede disminuir el plazo de quince (15) días, anteriormente indicado, para la comprobación de las condiciones de almacenamiento del cemento asfáltico modificado con polímeros.

Los depósitos deben contar con un sistema de recirculación del cemento asfáltico modificado caliente, el o los puntos de descarga dentro de los tanques debe encontrarse en la parte inferior de los mismos. Debe evitarse la exposición al aire para prevenir de la oxidación prematura del cemento asfáltico. Los depósitos deben poseer, además, los medios para incorporar aditivos mejoradores de adherencia y permitir su mezclado homogéneo en toda la masa del cemento asfáltico modificado almacenado.

Para el caso de decidirse su empleo, debe verificarse que el punto de ebullición de los aditivos mejoradores de adherencia se encuentre por sobre los 200 °C. En caso contrario pueden formar espuma a las temperaturas de trabajo del cemento asfáltico y obstaculizar los sistemas de impulsión y medición. El Contratista debe

Ing. Elías Ruiz Díaz
Jefe de Obras

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

observar las medidas apropiadas para dar cumplimiento a la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad laboral, almacenamiento y transporte de sustancias peligrosas.

La Fiscalización debe comprobar, con la frecuencia que crea necesaria, los sistemas de transporte y trasvase y las condiciones de almacenamiento en todo cuanto pudiera afectar a la calidad del material. De registrarse una inconformidad, debe suspenderse la utilización del contenido del tanque o cisterna correspondiente hasta la comprobación de las características que estime convenientes, de entre las indicadas en la tabla N° 02.

Al comparar con los resultados de los ensayos a la llegada a obra, deben cumplir las especificaciones de estabilidad. Si no cumpliera lo establecido para estas características, se debe proceder a su homogeneización y realización de nuevos ensayos, o a su retiro del obrador donde se encuentre depositado.

3.12.3.7 **Aditivo mejorador de adherencia.**

De no lograrse buena adhesividad entre el material bituminoso y el agregado, deberá ser empleado un mejorador de adherencia. En este caso, el Contratista proveerá un agente mejorador de adherencia que se usará como aditivo al material bituminoso para prevenir la separación del asfalto del agregado. El aditivo deberá ser utilizado según las recomendaciones del fabricante. El costo del aditivo mejorador de adherencia será incluido en el costo de la carpeta asfáltica, ya que no se hará pago adicional por el aditivo.

3.12.4.- EQUIPO.

3.12.4.1 **Planta Asfáltica.**

El concreto asfáltico convencional se debe fabricar en plantas que se ajusten a los requisitos que se establece en la tabla siguiente.

REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LAS PLANTAS ASFÁLTICAS	
Característica	**Requisitos**
Capacidad de producción	Mínimo 100 toneladas horarias.
Calibración de la planta	El Contratista debe presentar un informe escrito detallado de la calibración de cada elemento de la planta actualizado y previa a la ejecución del tramo de prueba.
Alimentación de agregados pétreos	Cantidad de silos de dosificación en frío al menos igual al número de fracciones de los áridos que componen la fórmula de obra adoptada. Contar con dispositivos que eviten la contaminación de las distintas fracciones entre tolvas. Durante la producción cada tolva en uso debe mantenerse con material entre el 50% y el 100% de su capacidad. Debe contar con zaranda de rechazo de agregados que excedan el tamaño máximo.
Almacenamiento y alimentación de ligante asfáltico	Debe poder mantener la temperatura de empleo. Debe contar con recirculación constante. El sistema de calefacción debe evitar sobrecalentamientos. Debe contar con elementos precisos para calibrar la cantidad de ligante asfáltico que se incorpora a la mezcla.
Alimentación de filler de aporte	Debe disponer de instalaciones para el almacenamiento y adición controlada a la mezcla. El filler de aporte debe ser incorporado a través de silos

Ing. Elías Ruiz Díaz
Jefe de Obras

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LAS PLANTAS ASFÁLTICAS	
Característica	**Requisitos**
	independientes de los silos en frío para áridos.
Calentamiento y mezclado	Debe posibilitar la obtención de una mezcla homogénea, con las proporciones ajustadas a la respectiva fórmula de trabajo y a la temperatura adecuada para el transporte y colocación. Debe evitar sobrecalentamientos que afecten los materiales. Debe posibilitar la difusión homogénea del ligante asfáltico. El proceso de calentamiento no debe contaminar con residuos de hidrocarburos no quemados a la mezcla.
Almacenamiento y descarga de la mezcla	Tanto en el almacenamiento como en la descarga de la mezcla asfáltica debe evitarse la separación de materiales (segregación de materiales) y la pérdida de temperatura localizada en partes de la mezcla (segregación térmica).
Emisiones	Debe contar con elementos que eviten la emisión de polvo mineral a la atmósfera.

Tanques de almacenaje de asfalto.

Tendrán capacidad suficiente para cinco días de trabajo. Estarán equipados con serpentinas de circulación de aceite capaces de elevar y controlar la temperatura del material asfáltico entre 145 °C y 175 °C no se permitirá que sea aplicado fuego directamente al tanque.
El sistema de movimiento del material bituminoso será adecuado para permitir una exacta y continua circulación del mismo durante el periodo de funcionamiento.

Recuperador de finos.

La planta tendrá un sistema de recolección de finos tipo "filtro de mangas" con posibilidad de reingresar el filler de recuperación a la mezcla. La Fiscalización podrá aprobar otro tipo de colector de polvo.

3.12.4.2 Transporte de la Mezcla Bituminosa.

El transporte de la mezcla bituminosa se hará en camiones volquetes equipados con caja metálica de descarga trasera. Para evitar que la mezcla bituminosa se adhiera a la caja, podrá untarse la misma con agua jabonosa o un aceite lubricante liviano. No se permitirá el uso de nafta, kerosén o productos similares para este objeto.
Los elementos de transporte de mezclas asfálticas deben ajustarse a los requisitos que se indican en la tabla siguiente.

REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS ELEMENTOS DE TRANSPORTE DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	
Características	**Requisitos**
Capacidad de transporte	El número y capacidad de los camiones deben ser acordes al volumen de producción de la planta asfáltica.
Caja de transporte	Debe rociarse con un producto que evite la adherencia de la mezcla asfáltica a la caja de los camiones. Por ejemplo, lechada de agua y cal, solución de agua jabonosa o emulsión siliconada antiadherente. No debe emplearse a este fin agentes que actúen como solventes del ligante asfáltico.

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
MOPC

Ing. Elías Ruiz Díaz
Jefe de Obras

REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS ELEMENTOS DE TRANSPORTE DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	
Características	**Requisitos**
	La forma y altura debe ser tal que, durante la descarga en la terminadora, el camión sólo toque a ésta a través de los rodillos provistos al efecto.
Cubierta de protección	La caja de los camiones de transporte debe cubrirse con elementos (lona o cobertor adecuado) que impidan la circulación de aire sobre la mezcla. Dicha cubierta debe alcanzar un solape mínimo con la caja, tanto lateral como frontalmente, de 0,30 m. Deben mantenerse durante el transporte debidamente ajustados a la caja. Esta condición debe observarse con independencia de la temperatura ambiente. No se admite el empleo de coberturas que posibiliten la circulación del aire sobre la mezcla (tipo media sombra).

3.12.4.3 **Terminadoras Asfálticas.**

Los equipos de distribución de la mezcla asfáltica (terminadoras asfálticas), deben ajustarse a los requisitos que se indican en la tabla siguiente.

REQUISITOS QUE DEBE CUMPLIR EL EQUIPO DE DISTRIBUCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	
Característica	**Requisitos**
Sensores de uniformidad de distribución	Debe contar con equipamiento que permita tomar referencias altimétricas destinadas a proveer regularidad en la superficie de la mezcla distribuida.
Alimentación de la mezcla	Debe poder abastecer de mezcla asfáltica a la caja de distribución en la forma más constante posible.
Operación de distribución transversal de la mezcla	Los tornillos helicoidales deben tener una extensión tal que lleguen a 0,20 – 0,30 metros de los extremos de la caja de distribución, exceptuando el empleo en ensanches o ramas de acceso/egreso de reducida longitud, para terminadoras con plancha telescópica. Debe procurarse que el tornillo sin fin gire en forma lenta y continua. La mezcla debe mantener una altura uniforme dentro de la caja de distribución, coincidente con la posición del eje de los tornillos helicoidales. Cuando en una misma progresiva se coloque más de una capa, el sentido de colocación en las sucesivas capas será opuesto. Ej. En dos capas la primera colocada en sentido creciente de las progresivas, la segunda en sentido contrario.
Caja de distribución	La porción de la caja de distribución que excede el chasis de la terminadora debe contar con cierre frontal (contra-escudo), en tanto que la parte inferior de tal dispositivo debe contar con una cortina de goma que alcance la superficie de la calzada durante la operación de distribución.
Tornillos helicoidales	Se debe procurar que la altura del tornillo sin fin sea tal que su parte inferior se sitúe aproximadamente 5 cm por sobre el nivel de la plancha. Los tornillos helicoidales deben ser accionados mediante motores hidrostáticos, no está permitido el uso de terminadoras con empleo de transmisión a engranajes y cadenas.
Plancha	La posición altimétrica de la plancha debe poder ser regulada en forma automática mediante sensores referenciados a la capa de base u otro medio que permita distribuir la mezcla con la mayor homogeneidad del perfil longitudinal. El calentamiento de la plancha debe ser homogéneo, evitando sobrecalentamientos localizados de la misma. El enrasador tendrá dispositivos

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

Ing. Elías Ruiz Díaz
Jefe de Obras

	de compactación por impacto (tamper) y/o vibratorios de manera de lograr una superficie terminada de textura uniforme. La plancha debe contar con bloqueo automático de la plancha en correspondencia con las detenciones en el avance de la colocación de mezcla asfáltica. Debe además, poder operarse manualmente.
Homogeneidad de la distribución	El equipo debe poder operar sin que origine segregación de ningún tipo (granulométrica y/o térmica), ni arrastre de materiales. Debe poder regularse de modo que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin segregaciones ni arrastres y con un espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los Planos de Proyecto.
Operación	El avance se realizará con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad a la producción de la planta, de modo de reducir las detenciones al mínimo. En caso de detención se comprobará que la temperatura de la mezcla que quede sin distribuir, en la tolva de la terminadora y en la caja de distribución, no descienda de la indicada para el inicio de la compactación. En caso contrario se ejecutará una junta transversal y se debe desechar la mezcla defectuosa.

3.12.4.4 Equipo de Compactación

Los equipos de compactación deben ajustarse a los requisitos indicados en la tabla siguiente:

REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS EQUIPOS DE COMPACTACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	
Característica	**Requisitos**
Número y tipo de equipo	El número y las características de los equipos de compactación deben ser acordes a la superficie y espesor de mezcla que se debe compactar.
Operación	La operación debe ser en todo momento sistemática y homogénea, acompañando el avance de la terminadora. El peso estático de los equipos o la operación vibratoria, no debe producir la degradación granulométrica de los agregados pétreos. Deben poder invertir la marcha mediante una acción suave. Deben poder obtener una superficie homogénea, sin marcas o desprendimiento de la mezcla asfáltica. Debe evitarse la detención prolongada de los equipos sobre la mezcla caliente. En las capas de rodamiento los rodillos lisos operarán en primer término, inmediatamente detrás de la terminadora (condición de macrotextura). En capas intermedias o base es indistinto el orden de pasaje de los equipos de compactación.
Condiciones de operación	Los rodillos metálicos deben mantener húmeda la superficie de los cilindros, sin excesos de agua. Los rodillos neumáticos deben contar con protecciones de lona u otro material de modo de generar recintos que limiten el enfriamiento de los neumáticos. Tales elementos deben extenderse en la parte frontal y lateral de cada conjunto de neumáticos y alcanzar la menor altura posible respecto de la superficie de la mezcla que se compacta.

3.12.4.5 Elementos varios

Durante la construcción de la capa asfáltica se dispondrá en obra de: palas, rastrillos, carretilla, capillos de piasava de mangos largos, regadores de material bituminoso, volquetes para conducir mezcla bituminosa para retoque, compactadores vibratorios de placa de reducidas dimensiones, pisones metálicos de mano, de manera que la totalidad de los trabajos detallados en esta

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

Ing. Elías Ruiz Díaz
Jefe de Obras

especificación sean realizados con el máximo de eficiencia.

3.12.5.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

3.12.5.1 **Requisitos para la Mezcla Bituminosa**

Ensayada la mezcla por el método Marshall ASTM D-1559, deberá acusar los siguientes valores:

REQUISITOS DE DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA		
Parámetro		**Exigencia**
Ensayo Marshall ASTM D-1559	N° golpes por cara	75
	Estabilidad (kN)	> 9 kN (recomendable: 11 kN)
	Relación Estabilidad-Fluencia (kN/mm)	2,5 - 4,5
	Porcentaje de Vacíos en mezcla	3% - 5%
	Porcentaje de Vacíos del Agregado Mineral (VAM)	Mínimo 14%.
	Porcentaje Relación Betún-Vacíos (Proporción en que el volumen de asfalto efectivo ocupa los VAM)	70% – 78%
Porcentaje de Resistencia Conservada mediante el ensayo de Tracción Indirecta. (Anexo I)		> 80%
Evaluación de la resistencia al ahuellamiento (ensayo de rueda cargada) (*Ver nota al pie)		Determinación obligatoria en capas de rodamiento e intermedias
Porcentaje de Árido Fino no triturado en mezcla		0% (cero) en capa de rodamiento ≤ 8% en capas intermedias y de base
Porcentaje mínimo Ca Hidratada en peso sobre mezcla de áridos mínimo		1%
Relación en peso Filler / Asfalto		0,8 - 1,3
Proporciones máximas de filler en mezclas: Concentración crítica de filler		Cv / Cs < 1,0 Se limita la proporción relativa de rellenos minerales cuya concentración crítica sea inferior a 0,22 (Cs < 0,22) a un máximo de 2% en peso de la mezcla
Temperatura máxima de elaboración de las mezclas		≤ 180 °C

* Nota: El Contratista deberá contar con un equipo de medición de ahuellamiento de laboratorio para evaluar las mezclas asfálticas (Wheel Tracking Test).

Composición de la Mezcla.

Para la preparación de la mezcla bituminosa el Contratista solicitará de la Fiscalización, con suficiente anticipo a la iniciación de los trabajos, aprobación de su "Fórmula para la mezcla en obra".

La fórmula debe cumplirse durante todo el proceso constructivo de la obra, siempre que se mantengan las características de los materiales que la componen y el proceso constructivo. Toda vez que cambie alguno de los materiales que integran

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

Ing. Elías Ruiz Díaz
Jefe de Obra

la mezcla, se excedan sus tolerancias de calidad o cambie el proceso, *su composición debe ser reformulada*. Por lo tanto, debe excluirse el concepto de "fórmula de obra única e inamovible". La fórmula debe incluir como mínimo las siguientes características según se consigna en la tabla.

REQUISITOS QUE DEBE REUNIR LA FÓRMULA DE OBRA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	
Parámetro	**Información que debe ser consignada**
Requisitos de dosificación	Los valores exigidos en la tabla precedente que indica los mismos.
Áridos y rellenos minerales	Identificación, características y proporción de cada fracción del árido y rellenos minerales (filler) en la alimentación y, en su caso, después de su clasificación en caliente. Granulometría por lavado de los áridos combinados, incluido el o los rellenos minerales. Se debe determinar la densidad relativa, densidad aparente y absorción de agua de acuerdo con las Normas IRAM 1520 e IRAM 1533. Desgaste Los Ángeles, equivalente de arena.
Ligante asfáltico y aditivos	Identificación, características y proporción en la mezcla respecto de la masa total de los áridos, incluido el o los rellenos minerales. Cuando se empleen aditivos debe indicarse su denominación, características y proporción empleada respecto de la masa de cemento asfáltico.
Calentamiento y mezclado	Tiempos requeridos para la mezcla de áridos en seco y para la mezcla de los áridos con el cemento asfáltico. Las temperaturas máxima y mínima de calentamiento previo de áridos y ligante. (En ningún caso se introducirá en el mezclador, áridos a una temperatura superior a la del asfalto en más de 15 °C). Las temperaturas máxima y mínima de la mezcla al salir del mezclador.
Temperatura para la compactación	Deben indicarse las temperaturas máxima y mínima de compactación y la temperatura empleada en laboratorio para la dosificación
Ajustes en el tramo de prueba	La fórmula informada debe incluir los posibles ajustes realizados durante el tramo de prueba.

Si la "Fórmula para la mezcla en obra" fuera aprobada por la Fiscalización, el Contratista estará obligado a suministrar una mezcla bituminosa que cumpla con las proporciones y granulometría fijadas, con una tolerancia de los siguientes porcentajes en peso:

TOLERANCIAS GRANULOMÉTRICAS PARA LOS ÁRIDOS			
Tamices	2,36 mm (N° 8) y superiores	Entre tamices 2,36 (N° 8) y 75 µm (N° 200)	Pasante 75 µm (N° 200) o menos
Tolerancia	± 4 %	± 3 %	± 1,5%

Para el material bituminoso: más o menos 0,2 % (dos décimas de por ciento). Para los valores resultantes del ensayo de estabilidad Marshall no habrá tolerancia sobre las cifras especificadas. Las tolerancias detalladas no justificarán valores fuera de lo establecido en los distintos párrafos precedentes.

3.12.5.2 **Tramo de Prueba.**

Antes de iniciarse la puesta en obra de colocación de la mezcla, se deben realizar los tramos de ajuste del proceso de elaboración, distribución y compactación

Ing. Elías Ruiz Díaz
Jefe de Obras

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

necesarios hasta alcanzar la conformidad total acorde con las exigencias de la presente especificación. A tales efectos, el Contratista debe ajustar la producción de la mezcla diseñada, los procesos de elaboración, transporte, uniformidad y dotación del riego de liga, extensión y compactación de la mezcla asfáltica, adoptando para ello las medidas de seguridad y señalización. Se debe informar por escrito los ajustes llevados a cabo, adjunto a la formulación de obra final a emplear.

Aprobado lo señalado precedentemente se puede dar comienzo la puesta en obra de las mezclas. Oportunamente se debe determinar si el tramo de prueba es aceptado como parte integrante de la obra. La prueba se debe realizar sobre un tramo a definir por la Fiscalización.

3.12.5.3 **Construcción.**

Limpieza de la superficie imprimada.

Las condiciones que deben reunir la superficie de la base, se indica en la siguiente tabla.

CONDICIONES DE LA SUPERFICIE DE APOYO	
Parámetro	**Condición**
Regularidad	La superficie de apoyo debe ser regular y no debe existir deterioros, de modo tal que el espesor de colocación de la mezcla se pueda encuadrar dentro de la tolerancia de espesores.
Limpieza	Previo a la ejecución del riego de liga y/o imprimación, la superficie a regar debe hallarse completamente seca, limpia y desprovista de material flojo o suelto. La limpieza alcanza a las manchas o huellas de suelos cohesivos que deben eliminarse totalmente de la superficie.
Banquinas	Las banquinas y/o trocas aledañas se deben mantener durante los trabajos en condiciones tales que eviten la contaminación de la superficie, luego de que esta haya sido cubierta con el riego de liga.

Ejecución del riego de liga.

Finalizada la operación anterior se procederá a ejecutar el "riego de liga" sobre la superficie existente con emulsión asfáltica de rotura rápida, estando la dotación de cemento asfáltico residual comprendida entre 0,2 y 0,3 litros por metro cuadrado. El trabajo se efectuará tomando las precauciones de rigor, especialmente en lo referente a temperaturas de aplicación, uniformidad en los riegos y colocación de capas en la iniciación y finalización de los mismos, cubriendo todo el ancho de aplicación en una longitud tal que impida la superposición de material.

El residuo asfáltico de la emulsión, no deberá tener una penetración estándar superior a 100 1/10 mm

Al material bituminoso aplicado se le permitirá desarrollar sus propiedades ligantes antes de distribuir la mezcla bituminosa. La Fiscalización determinará la duración de este periodo para seguir posteriormente con el resto de las operaciones constructivas. El riego de liga no deberá ejecutarse con demasiada o con poca anticipación a la distribución de la mezcla bituminosa para evitar inconvenientes en ambos casos extremos. Todas las áreas de contacto de la mezcla bituminosa, como bordes, cordones, etc., deberán recibir riego de liga.

Ing. Elías Ruiz Díaz
Jefe de Obras

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

Preparación de la mezcla bituminosa.

El material asfáltico se calentará uniformemente en toda su masa, debiendo mantenerse con una variación máxima de 10 °C durante su empleo.

La humedad en los agregados pétreos se reducirá en forma tal de no pasar el 0,5% y la temperatura de los mismos estará comprendida entre 155 °C y 180 °C, en el momento de efectuarse la mezcla.

Los materiales componentes de la mezcla bituminosa se introducirán en el siguiente orden para plantas discontinuas: los agregados pétreos ya calentados y medidos por peso o volumen se introducen en primer término, procediéndose a mezclarlos en seco por un breve tiempo para uniformarlos; a continuación, se introduce el relleno mineral continuándose el mezclado en seco, cuya duración total no será inferior a 15 (quince) segundos. Finalmente, se incorpora el material bituminoso caliente, previamente medido en peso o volumen, continuándose con el mezclado total: esta última y fundamental fase del mismo tendrá una duración no inferior a 30 (treinta) segundos.

3.12.5.4 **Distribución de la mezcla.**

Esta operación no se efectuará durante lluvias; si éstas caen de improviso se esperará hasta que la superficie haya secado. La distribución de la mezcla se efectuará en capas según indiquen los Planos, las cuales deberán cumplir las condiciones de lisura y conformación especificadas más adelante

Para efectuar la distribución se volcará la mezcla dentro de la tolva del dispositivo terminador a fin de ser posteriormente desparramada en el espesor suelto necesario para obtener el espesor compactado que se ha especificado.

Tanto las juntas longitudinales como transversales, que se producen durante la progresión del trabajo y al término de la jornada, deberán tratarse cortando los bordes respectivos en forma vertical. En tanto el riego de liga en la pared vertical debe ser de una dotación del doble respecto de las superficies horizontales.

En intersecciones, empalmes, secciones irregulares de calzadas, etc., donde no pueda trabajarse con métodos mecánicos se podrán llevar a cabo las tareas empleando métodos manuales, volcando previamente la mezcla bituminosa en chapas metálicas ubicadas fuera de la zona donde se desparramará. La distribución previa se hará con palas calientes y el desparrame, utilizando rastrillos también calientes.

Para formar las juntas, efectuado el corte vertical de los bordes se pintarán los mismos en toda su altura con riego de liga, de modo tal que la dotación de cemento asfáltico residual resulte aproximadamente el doble de la dotación normal en superficies horizontales.

3.12.5.5 **Compactación de la mezcla.**

La mezcla asfáltica debe ser uniformemente cilindrada con rodillo neumático y aplanadora mecánica, comenzándose apenas la temperatura de la misma permita soportar sin desplazamientos excesivos el peso del equipo.

El rodillo neumático múltiple podrá comenzar a compactar inmediatamente detrás de la terminadora, variando la presión de sus ruedas de menor a mayor, hasta que la superficie quede lisa. Detrás de él se compactará con la aplanadora mecánica, que cilindrará en forma longitudinal, del centro hacia los bordes y avanzando en

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

Ing. Elías Ruiz Díaz
Jefe de Obras

cada viaje sucesivo de medio ancho de rueda trasera. Se continuará el cilindrado hasta que todas las marcas de la aplanadora se hayan eliminado. Para evitar que la mezcla se adhiera a las ruedas de la aplanadora se mojarán sus ruedas con agua, pero sin permitir que caiga agua libre sobre la carpeta.

Se considerará terminada la compactación cuando se obtenga un porcentaje de densidad **no inferior** al 93% (noventa y tres por ciento) de la densidad máxima teórica, y **no superior** al 98% (noventa y ocho por ciento) de la densidad máxima de 75 golpes por cara.

Las depresiones que se produzcan durante el cilindrado se corregirán escarificando o aflojando la mezcla distribuida y agregando nueva hasta eliminar las irregularidades.

3.12.5.6 **Habilitación al tránsito de la capa asfáltica.**

Terminadas las operaciones constructivas de la capa asfáltica, ésta podrá librarse al tránsito después de su completo enfriamiento, con la autorización de la Fiscalización.

3.12.5.7 **Limitaciones impuestas por el clima.**

Los trabajos de la capa asfáltica no podrán llevarse a cabo cuando la temperatura a la sombra sea inferior a 8 °C o durante días lluviosos.

Exigencias y Controles de Calidad.

Las muestras de los agregados pétreos y relleno mineral se tomarán en el campo y transportarán al laboratorio de ensayos y se ensayarán como se especifica más adelante. Los gastos de los ensayos y transporte de las muestras correrán por cuenta del Contratista, teniendo la Fiscalización el derecho de hacer todos los ensayos.

Las muestras de materiales bituminosos se tomarán en el campo y se transportarán al laboratorio que indique la Fiscalización para su ensayo. Los gastos de envases, embalaje y transporte correrán por cuenta del Contratista.

3.12.5.8 **Muestras.**

Agregados pétreos.

Siguiendo indicaciones de la Fiscalización, cada 1.000 (mil) metros cuadrados de capa individual bituminoso se tomarán muestras de las distintas fracciones de agregados pétreos y relleno mineral que la compone y se ensayarán como se indica más adelante. Se tornarán nuevas muestras en cualquier momento si la Fiscalización así lo ordena, debido a variaciones en la granulometría o a la naturaleza de los agregados.

Materiales bituminosos.

Cumpliendo instrucciones de la Fiscalización, cada 60 (sesenta) toneladas de material bituminoso llegado a la obra y en cada tipo, se tornarán muestras para remitir al laboratorio que indique la Fiscalización a fin de someterlos a ensayos. Para los asfaltos sólidos (cemento asfáltico modificado) las muestras serán de 1 (un) kilogramo y se colocarán en envase de hojalata herméticamente cerrados.

Mezcla bituminosa.

De acuerdo a instrucciones de la Fiscalización, cada 130 (ciento treinta) toneladas de mezcla bituminosa preparada por la planta, se tomarán muestras de la misma y

Ing. Elías Ruiz Díaz
Jefe de Obras

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

se ensayarán como se indica más adelante. Se podrán tomar muestras en cualquier momento si la Fiscalización así lo ordena.

Capa compactada.

Siguiendo órdenes de la Fiscalización, cada 800 (ochocientos) metros cuadrados de capa individual compactada se tomarán 2 (dos) muestras cilíndricas (diámetro mínimo 10 cm) del espesor total de la misma, representativas de dicha superficie, donde se desea determinar la densidad que debe acusar los valores obtenidos, empleando exigencias y métodos de laboratorio mencionados en estas especificaciones

Pozos después de la extracción.

Los pozos que después de la extracción quedan en la capa deben ser llenados con la misma mezcla, compactados y nivelados por cuenta del Contratista.

3.12.5.9 **Ensayos.**

Tamizados de los agregados.

Cada muestra de agregados pétreos será tamizada para determinar la cantidad total de material que pasa por los tamices detallados. Los ensayos se harán de acuerdo con el método AASHTO T 27-70.

Determinación del contenido de sales en el agregado pétreo fino.

La muestra se ensayará según el procedimiento descripto en las páginas 169 a 171 de la edición revisada de "Procedures for Testing Soils" (ASTM, abril de 1959). El resultado del ensayo se considerará satisfactorio si el contenido de sales da 1% (uno por ciento) o menos.

Ensayo del índice de plasticidad.

La fracción de la muestra del agregado pétreo fino que pasa el tamiz N° 40 se ensayará según el procedimiento AASHTO T 90-70. El resultado del ensayo para ser satisfactorio deberá dar valor nulo.

Densidad máxima teórica.

La densidad máxima teórica se obtendrá mediante el Método Rice de saturación en vacío. En cuanto al porcentaje de densidad, el mismo está dado por la expresión:

$$\%Densidad = \frac{G}{D_{máx}} x100$$

Donde "G" corresponde a la densidad aparente de la muestra extraída de la calzada.

Para aprobar la compactación de la carpeta se necesita lograr el porcentaje de vacíos en la mezcla colocada establecido en estas especificaciones.

Ensayo de Estabilidad Marshall.

Cada muestra de mezcla bituminosa extraída según lo dispuesto será sometida al ensayo de Marshall a realizarse según la técnica descripta en la norma ASTM D 1559-71 con el instrumental respectivo. La mezcla bituminosa deberá responder en este ensayo a lo dispuesto.

Ing. Elías Ruiz Díaz
Jefe de Obras

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

3.12.5.10 Condiciones para la Recepción.

Porcentaje de Vacíos.

La densidad alcanzada en la obra debe ser tal que los vacíos medios de los testigos se encuentren comprendidos entre el 3% y el 6% y con un desvío estándar no superior a 1,50%. A los fines del cálculo de los vacíos medios se debe tomar como Densidad Máxima Teórica medida (Rice) la obtenida de la producción del día para el sector de mezcla colocada.

Control de espesores.

Se efectuará cada 100 (cien) metros lineales en forma alternada siguiendo la regla: borde izquierdo, centro, borde derecho, etc. El espesor individual de cada perforación no podrá diferir en más o en menos de 10% del promedio de todas las perforaciones en tramos de 500 (quinientos) metros lineales por el ancho ejecutado de carpeta, y a su vez dicho promedio no será inferior al espesor especificado.

Control de anchos.

Se llevará a cabo cada 50 (cincuenta) metros, no tolerándose ninguna diferencia en defecto con respecto al ancho establecido en los planos para la carpeta terminada.

Espesores y anchos defectuosos.

Cualquier espesor o ancho defectuoso de la base o carpeta terminada que se encuentre fuera de la tolerancia será objeto de la rectificación respectiva por cuenta exclusiva del Contratista, quien llevará a cabo bajo su costo las operaciones constructivas y al aporte de materiales necesarios para dejar el pavimento en las condiciones establecidas por estas Especificaciones.

Sección transversal.

Colocado un gálibo con la sección transversal Indicada en los Planos, el mismo no acusará diferencias mayores de 4 (cuatro) milímetros con respecto a la carpeta terminada.

Condición de Entrega de los tramos a pavimentar.

El Contratista deberá tener en cuenta todos los trabajos que pudiera requerir la estructura pavimento a construir de manera a cumplir los parámetros de aceptación de los trabajos. Como tarea de recepción el contratista encargara a costo suyo a una Consultora Independiente las mediciones de IRI (Índice de Regularidad Internacional) y mediciones de Deflectómetria Pesada (FWD), las cuales deberán realizarse una vez terminados los trabajos inmediatamente.

Respecto al IRI (Índice de Regularidad Internacional) final de los tramos a pavimentar deberá tomar en cuenta las tareas y equipos necesarias para garantizar el valor mínimo de umbral IRI exigido. Las campañas de deflectometría y medición de IRI exigidas para la entrega de los tramos, deberá ser realizada por un laboratorio de gestión de pavimentos de reconocida experiencia en la región o localemente. Además, dicha campaña será acompañada y verificada por los técnicos del MOPC y la Fiscalización.

Los trabajos de Deflectometria tienen como objeto evaluar estructuralmente el estado del pavimento en distintos tiempos de manera a poder evaluar las curvas de deterioro, al igual que el IRI, por tanto, dada la Modalidad de Construcción y

Ing. Elías Ruiz Díaz
Jefe de Obras

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

Mantenimiento (CREMA), estas tareas se deben realizar al finalizar la construcción y luego anualmente, previendo mediciones previas a la finalización del contrato de manera a que el MOPC tenga la evaluación en la cual recibe dicha infraestructura vial.

Regularidad Superficial.

En carpetas de rodamiento se debe determinar la deformación longitudinal de una de las huellas de cada carril según criterio de la Fiscalización. El Contratista deberá realizarla medición del Índice de Regularidad Internacional (IRI), cuyo procedimiento y equipamiento deberá ser aprobado por la Fiscalización de la Obra y por la Dirección de Vialidad. Podrá utilizarse equipos laser o por respuesta cuya capacidad sea la de medir valores IRI en tramos menores a 100m y que sean de alto rendimiento.

a) Rugosidad.

Una vez terminada la calzada se determinará la rugosidad. La medición resultante se expresará según el Índice Internacional de Rugosidad I.R.I.

Se adoptarán tramos entre 500 y 2000 metros; los que a su vez se subdividirán en subtramos de 100 metros, estando a cargo de la Fiscalización el fijar la ubicación en cada caso, comúnmente por progresivas.

Cada valor individual de rugosidad Ri corresponde al registro hecho en cada trocha entre las progresivas correspondientes.

Sectores con irregularidades más acentuadas se consideran aparte del conjunto del tramo. Estos sectores deberán ser ajustados por el Contratista a cargo. No se efectuará la certificación provisoria de un tramo hasta que sean corregidos todos estos puntos.

Donde tanto la fiscalización y la supervisión lo consideren conveniente podrán reducir los subtramos hasta una longitud de 80 metros, sosteniendo las mismas exigencias.

b) Nivel de Calidad:

El valor medio del tramo Rm deberá ser menor o igual a 2000 mm/km.

IRI < 2000 mm/km

Estas determinaciones se efectuarán por carril o trocha, en ambos sentidos.

c) Uniformidad:

Referido a Rm del tramo los valores individuales Ri de cada subtramo, no deberán excedes de:

$$Ri < 1.25\ Rm.$$

Si el número de subtramos defectuosos excede el 30% se rechazará el tramo. Cuando algún subtramo registre una Ri mayor a 1.40 Rm el tramo será rechazado. Si la supervisión lo requiere, podrá realizarse mediciones IRI en carriles adicionales

Medición de Deflectómetro de Impacto Pesado.

Los mismos deben realizarse en cada pista, al menos cada 200m y mediante ella elevar los respectivos informes de evaluación estructural. El equipo requerido es el Deflectómetro de Impacto pesado HWD.

Ing. Elías Ruiz Díaz
Jefe de Obras

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

La ejecución de estos ensayos debe realizarse al final o inmediatamente finalizada la construcción, en periodos anuales y previo a la finalización del contrato de mantenimiento.

Conservación.

Consistirá en el mantenimiento en condiciones óptimas de la superficie de carpeta terminada puesta en servicio, y la reparación inmediata de cualquier falla que se produjese, dentro del periodo de recepción provisoria.

El Contratista deberá disponer en obra de los elementos, mano de obra, herramientas, equipos y materiales que permitan efectuar la conservación efectiva del trabajo ejecutado.

3.12.6.- METODO DE MEDICION.

La medición de la carpeta en la calzada a ser ejecutada con el concreto asfáltico con polímero, efectuará en **metros cúbicos (m^3).**

3.12.7.- FORMA DE PAGO.

Las cantidades determinadas conforme a los Métodos de Medición descriptos más arriba serán pagadas a los precios unitarios contractuales correspondientes al **Ítem N° 3.12.- Carpeta de concreto asfaltico con polímero.**

Estos precios y pagos constituirán la compensación total por el suministro de toda la planta de trabajo, mano de obra, equipo, la provisión y transporte de todos los materiales incluyendo transporte de los diversos tipos de mezclas asfálticas hasta el sitio de colocación, inclusive el relleno mineral de aporte (Filler), el mejorador de adherencia y el cemento asfáltico con polímero, autocontrol de calidad, imprevistos y otros incidentales necesarios, e inherentes para dar por completados estos ítems.

Ing. Elías Ruiz Díaz
Jefe de Obras

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

Anexo al Ítem CONCRETO ASFALTICO CON POLIMERO

EFECTO DEL AGUA SOBRE LA COHESIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

ENSAYO DE INMERSIÓN - TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL

El presente procedimiento describe los pasos a seguir para determinar la pérdida de cohesión que se produce por la acción del agua sobre las mezclas bituminosas que emplean asfaltos convencionales y/o modificados.

Se obtiene un índice numérico de la pérdida de cohesión producida al comparar las resistencias a tracción por compresión diametral entre probetas mantenidas al aire y probetas duplicadas sometidas a la acción del agua por un tiempo y a una temperatura dada.

Al solo efecto de poner de manifiesto de un modo más directo la acción del agua sobre la mezcla, el moldeo de las probetas se efectúa con un tenor de vacíos de aire de siete por ciento (7% ± 1%), con independencia de los vacíos con que fue dosificada y se coloque la mezcla.

1.- Aparatos y Material Necesarios.

Se requiere disponer de los aparatos indicados en la norma de Vialidad Nacional (Argentina) VNE- 9 - 86 "Ensayo de Estabilidad y Fluencia por el Método Marshall", Punto 9.2: "Aparatos".

La prensa utilizada en el ensayo de estabilidad y fluencia Marshall, es adecuada para efectuar el ensayo de tracción por compresión diametral. Los platos de carga deben tener un diámetro mínimo de aproximadamente 100 mm. El plato superior estará provisto de una rótula universal.

Dispositivo de sujeción de la probeta. Puede emplearse las mordazas del ensayo de estabilidad Marshall, a las que se les habrá intercalado en la parte superior e inferior piezas metálicas o de madera dura, de aproximadamente 12 mm de ancho por 12 mm que se ajusten a la curvatura de las mordazas y probetas. La longitud de las mismas abarcará el ancho de las mordazas. Estos aditamentos permitirán el posicionamiento de las probetas a ensayar tal que estén contenidas en el plano diametral perpendicular a las bases de las mordazas.

2.- Preparación de las Probetas.

Se prepararán seis (6) probetas con la técnica "Marshall" con el número de golpes por cara que satisfaga la condición de alcanzar un porcentaje de vacíos de aire del 7% (± 1%). Para determinar la energía de compactación correspondiente es aconsejable recurrir a la representación gráfica de los vacíos versus moldeo a diferentes energías de compactación.

Se dividen las seis probetas en dos grupos de tres, de manera que la densidad

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

Ing. Elías Ruiz Díaz
Jefe de Obras

Marshall media de cada uno de ellos, sea aproximadamente la misma.

Grupo 1 de probetas: Las tres probetas de este grupo se mantienen al aire en un recinto o estufa a una temperatura de 25 °C (± 1 °C) durante 24 horas. Finalizado este período, se introducen en un baño de agua regulado a 25 °C (± 1 °C) durante dos horas, determinando a continuación su resistencia a tracción indirecta por compresión diametral.

Grupo 2 de probetas: Las tres probetas de este grupo se sumergen en un baño de agua regulado a 60 °C (± 1 °C) durante 24 horas. Finalizado este período, se introducen en un baño de agua regulado a 25 (°C ± 1 °C) durante dos horas, determinando a continuación su resistencia a tracción indirecta por compresión diametral. (*) (Ver Nota del final)

3.- Ejecución del Ensayo.

3.1.- Medida geométrica de las probetas

Diámetro: Con un calibre se determina el diámetro, con una aproximación de ± 0,1 mm, de la probeta en seis planos, dos a dos perpendiculares: dos en el plano superior de la probeta, dos en el plano medio y dos en el plano inferior. Se registra el diámetro promedio "d" de las seis mediciones. La diferencia entre dos medidas individuales no será superior a 1 mm.

Altura: La altura de la probeta se mide también con precisión de ± 0,1 mm en cuatro puntos definidos por los extremos de dos planos diametrales perpendiculares, con un radio de 10 mm inferior al radio de la probeta. Se registra la altura promedio "h" de las cuatro mediciones. La diferencia entre dos medidas individuales no será superior al 5% de la altura media, con un máximo de 5 mm.

3.2.- Rotura de las probetas.

Se retira la probeta del baño termostático y se sitúa en la mordaza acondicionada como se indica en el punto 2, con dos de sus generatrices opuestas en contacto con las piezas separa Máximo de 5 mm. Si se dispone de elementos de medida de deformación vertical y horizontal se colocan en posición de medida y se ajustan a cero. No es obligatorio efectuar estas mediciones. Se aplica la carga a la probeta manteniendo una velocidad de deformación de 50,8 milímetros por minuto constante, hasta que rompa la probeta.

El tiempo trascurrido entre el momento en que se retira una probeta del recinto termostático y la rotura de la misma en la prensa no debe exceder de 30 segundos. Se registran o anotan los valores de la carga de rotura y opcionalmente los de desplazamiento vertical y horizontal.

4.- Resultados.

4.1.- Cálculo de la resistencia a tracción indirecta.

Ing. Elías Ruiz Díaz
Jefe de Obras

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

La resistencia a compresión diametral, tracción indirecta de una probeta, se calcula con la fórmula siguiente, aproximando a la primera cifra decimal.

$$R = 2P / \pi h d$$

Donde:

R = Resistencia a compresión diametral en KPa

P = Carga máxima de rotura.

π = Constante 3,14159.

h = Altura de la probeta.

d = Diámetro de la probeta.

4.2.- Cálculo de la resistencia conservada

Índice de resistencia conservada

Se calcula el valor medio de la resistencia a tracción indirecta de cada grupo de probetas. Con estos valores se calcula el índice de resistencia conservada por medio de la siguiente expresión:

IRC % = R2 / R1 x 100

Donde:

R1 = Resistencia media a tracción por compresión diametral del grupo de probetas no mantenidas en agua, (Grupo 1).

R2 = Resistencia media a tracción por compresión diametral del grupo de probetas mantenidas 24 horas en agua a 60° C, (Grupo 2).

Los resultados se darán con una aproximación del +/- 1%.

Ing. Elías Ruiz Díaz
Jefe de Obras

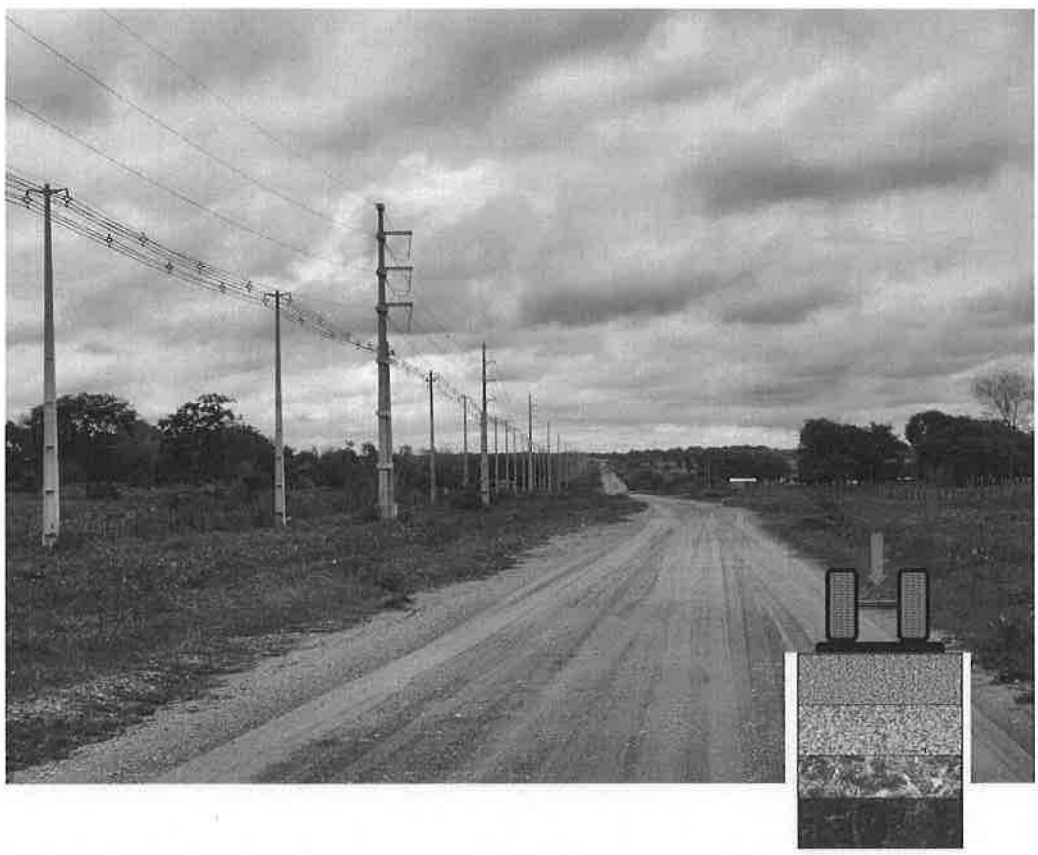
Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

ANEXO 6 – MEMORIA DE INGENIERÍA

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

MEMORIA DE INGENIERÍA



Lote 3_Longitud 43,92 km

INICIO: km 0 de (Horqueta)
FIN: Belén hasta el km 43,9 (Concepción)

ENERO 2023

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

FICHA TÉCNICA DEL REPORTE

1. Título del Reporte Memoria de Estructura de Pavimento_ LOTE 3	**2. Fecha del Reporte** Enero 2023
3. Proyecto PROYECTO DE MEJORAMIENTO EN LA CONECTIVIDAD FISICA DEL DEPARTAMENTO DE SAN PEDRO LOTE 3, KM 0+000 - KM 43+920	**4. Versión** 00
5. Mandante Constructora Acaray	**6. Contraparte Técnica** Ing. Elías Ruiz Díaz Ing. Carlos Guillen
7. Elaborador por Métrica Ingeniería S.A.	**8. Director Proyecto** Ing. Luis Farías
	9. Especialista en Pavimento Ing. Fernando Paniagua

10. Resumen

Se analizó la estructura de Pavimento del Lote 3, así como características de los materiales locales o disponibles en la zona, principalmente suelos y ripio. Siendo la estructura licitación:

Capa	Espesor (cm)	
Carpeta de Concreto Asfáltico Convencional	6,0	Estructura
Base Granular CBR ≥ 100%	20,0	
Sub Base Granular CBR ≥ 80%	20,0	
30 cm de Subrasante Mejorada CBR ≥ 10% sobre Núcleo Terraplén CBR ≥ 5%		Apoyo

Obteniéndose del cálculo una verificación de 1.467.000 como cargas a cubrir, por lo que, a partir de la estructura de pavimento de la licitación se propone un pavimento estructuralmente mejor al de licitación, pero con uso de materiales locales que se justifica en este informe, siendo la estructura:

Capa	Espesor (cm)
Carpeta de Concreto Asfáltico Modificado	7,0
Base Granular CBR ≥ 100%	18,0
Sub Base Granular de Ripio CBR ≥ 60%	20,0
20 cm de Subrasante Mejorada CBR ≥ 30% sobre Nucleó Terraplén CBR ≥ 5%	

Con la estructura propuesta se mejoran tres aspectos técnicos que son los siguientes: el numero estructural (2,94_Requerido y 3,18_Propuesto), condición de apoyo, además de la incorporación de la carpeta con asfalto modificado con una equiparación estructural a al espesor de carpeta y estructura prevista en el Proyecto vecino a ejecutar (Lote 2). Esta equiparación o similitud estructural obedece a la importancia del tramo en lo referente a presencia de camiones de carga y sobre todo trasganados en la Zona Belén. Adicionalmente se realizó una verificación mecanicista, la cual repercute en fallas en la capa asfáltica, pero no es competencia del Contratita asumir una verificación de capas a no ser que el MOPC lo instruya. Respecto a las capas o materiales nuevos se hace entrega de las EETT para **SubBase Granular de Ripio CBR≥60%, Pavimento de Concreto Asfaltico con Polímero y la Subrasante Mejorada con Ripio Natural CBR≥30%**, siendo estos los ítems nuevos. El asfalto modificado fue considerado únicamente para el tramo correspondiente a Ruta Nacional PY22, en el resto de los tramos se considera convencional principalmente por el factor presupuesto.

Por otro lado, se muestran las secciones transversales de pavimento diferenciados por Tramos y ancho de plataforma, 9 m para Horqueta_Belén y de 12 m para Belen_Concepción.

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION 6

2. OBJETIVO 6

3. REVISION DE ANTECEDENTES 7

4. NORMATIVAS APLICADAS 8

5. CONSIDERACIONES DE LA ESTRUCTURA DE REFERENCIA 8

5.1. COEFICIENTES DE APORTE ESTRUCTURAL 10

5.2. CALCULO DE CONDICIÓN DE APOYO 10

5.3. ANALISIS DE LOS MATERIALES DE LA ZONA 12

5.4. RIPIO COMO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO 15

6. PROPUESTA DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO 17

6.1. EQUIVALENCIA ESTRUCTURAL (LICITACIÓN VERSUS PROPUESTA) 17

6.2. VERIFICACIÓN DE ESTRUCTURA MEDIANTE MÉTODO MECANICISTA 20

7. SECCIONES TRANSVERSALES TIPO 21

8. CONCLUSIONES 23

ANEXOS 25

A.1. MEMORIA DE CALCULO_ METODOLOGÍA AASHTO 26

A.2. MEMORIA DE CALCULO_ METODOLOGÍA E-M MEPAD 27

A.3. ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DEL RIPIO ESTRUCTURAL 30

A.4 EETT ÍTEMS NUEVOS 31

A.5 RESULTADOS DE LABORATORIO – ARCHIVO DIGITAL 32

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Ubicación del Proyecto..... 7

Figura 2 – Sección Transversal Tipo de Licitación..... 7

Figura 3 – Calculo de EEq según datos de licitación y parámetros adoptados..... 11

Figura 4 – Calculo de SN requerido o necesario según EEq y parámetros adoptados 18

Figura 5 – Calculo de SN según capas propuestas y SN necesario o requerido 18

Figura 6 – Secciones Tipo Propuestas según Tramo a) Horqueta Belén 9 m y b) Belén Horqueta 12 m.. 22

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Generalidad del Pavimento para el Lote 3 6

Tabla 2 – Estructura de Pavimento Referencial o Licitación 6

Tabla 3 – Tramos del Llamado público, incluye el Lote 1, 2 y 3, con sus respectivos datos técnicos 8

Tabla 4 – Número Estructural Efectivo 9

Tabla 5 – Coeficientes estructurales asumidos y calculados según MCPy 2019 9

Tabla 6 – Coeficientes estructurales asumidos y calculados según MCPy 2019 10

Tabla 7 – Calculo de condición de apoyo o fundación de la estructura 10

Tabla 8 – Resumen suelo disponibles para terraplén 12

Tabla 9 – Estadística de valores CBR de suelos en traza 12

Tabla 10 – Caracterización de suelos en traza (en azul las que no se consideran) 13

Tabla 11 – Caracterización de ripio de préstamos y combinaciones 14

Tabla 12 – Estadística de valores CBR de suelos en traza 15

Tabla 13 – Requerimientos precedentes del MOPC para el Ripio 15

Tabla 14 – Valores del Ripio tipo Canto Rodado Zona Belén _Concepción 16

Tabla 15 – Requerimientos Granulométrico para Bases y SubBases del MCPy2019 16

Tabla 16 – Verificación Granulométrica del Ripio según Granulométricas 17

Tabla 17 – Comparativo de variables principales para el cálculo estructural 17

Tabla 18 – Modulo combinado de la Condición de apoyo según materiales disponibles 18

Tabla 19 – Estructura de Pavimento Referencial o Licitación 19

Tabla 20 – Estructura de Pavimento Propuesta (* Modificado para Belén Concepción y Convencional para Horqueta Belén) 19

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

1. INTRODUCCION

En el marco de la Pavimentación del Proyecto de Mejoramiento en la Conectividad Física del Departamento de San Pedro para el Lote 3 de 43,92 kilómetros de longitud, la consultora METRICA INGENIERIA ha revisado antecedentes, encargado ensayos en materiales de la zona y analizado las estructuras de pavimentos previstas y a partir de ella genera una propuesta para consideraciones de los responsables Técnicos en la gestión del contrato. En el siguiente cuadro se muestran las generalidades correspondientes al Lote 3:

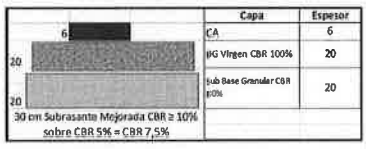
Lote	Contratista	Inicio	Fin	Longitud (km)	Estructura de Referencia
3	**Constructora Acaray S.A**	km 0 de (Horqueta)	Belén hasta el km 43,9 (Concepción)	43,92	

Tabla 1 – Generalidad del Pavimento para el Lote 3

2. OBJETIVO

Analizar una estructura de pavimento que cumpla con los requerimientos técnicos establecidos en la licitación pública, mejorando los procesos constructivos según la disponibilidad de materiales en torno a la zona de proyecto, y que a su vez garantice desempeño bajo un abordaje de dimensionamiento de pavimentos según metodologías de cálculo y normativa reconocida localmente.

Para el cumplimento de los objetivos se toman en cuenta los siguientes insumos:

- Revisión de Antecedentes
- Estructura de pavimento referencial o de licitación
- Parámetros de dimensionamiento consideraciones en el o los estudios previstos
- Recorrido del Tramo y disponibilidad de materiales en torno a la zona de implantación
- Ensayos de laboratorio en materiales disponibles

Siendo la estructura licitada la siguiente:

	Capa	Espesor (cm)
	Carpeta de Concreto Asfáltico Convencional	6,0
	Base Granular CBR ≥ 100%	20,0
	Sub Base Granular CBR ≥ 80%	20,0
	30 cm de Subrasante Mejorada CBR ≥ 10% sobre Terraplén CBR ≥ 5%	

Tabla 2 – Estructura de Pavimento Referencial o Licitación

Las tareas para cumplir con dicho objetivo han incluido ensayos en campo, acompañados de trabajos en gabinete. Los mismos se detallan más adelante.

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

3. REVISION DE ANTECEDENTES

La única información disponible son los datos disponles en la licitación, sin embargo, se tiene información o estudios en los lotes vecinos (Lote 1 y Lote 2), los cuales pueden utilizarse o en su caso ser orientativos, sin embargo, para no distorsionar o modificar las condiciones de licitación, se considera la estructura del pavimento definida en la licitación y que se muestra en la Tabla 2.

Respecto a la cantidad de ESALS o Ejes Equivalentes (EEq) se ha considerado un valor aproximado entre ejes equivalentes de proyectos vecinos, y la vez se calcula de EEq asumiendo parámetros de cálculo similares a los de estudios disponibles y en todos los casos se toman los valores más conservadores.

Los antecedentes técnicos se muestran a continuación y son principalmente los siguientes:

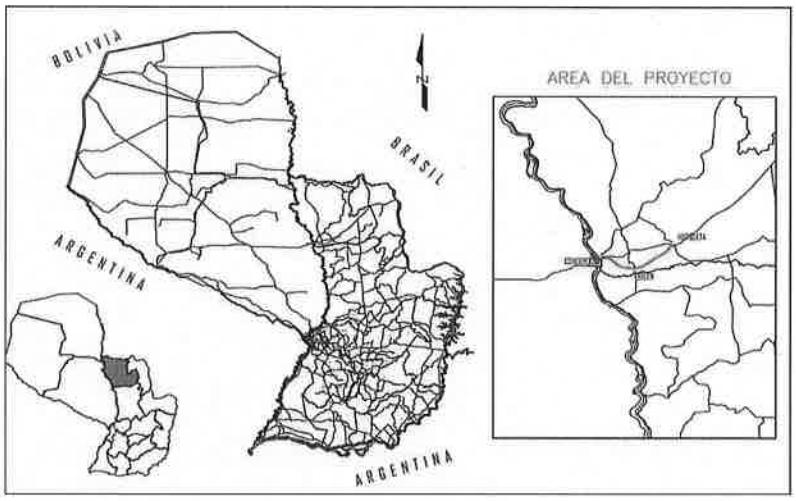


Figura 1 – Ubicación del Proyecto

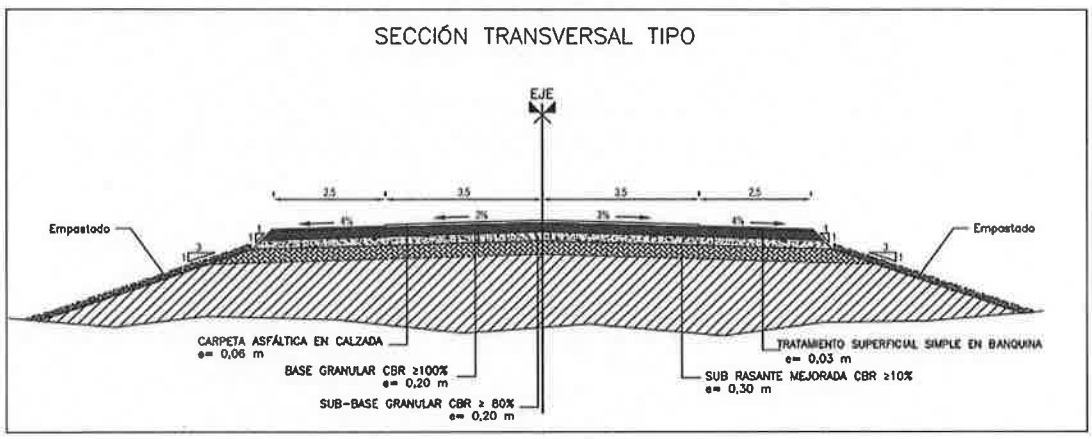


Figura 2 – Sección Transversal Tipo de Licitación

Además, se tuvo en cuenta las EETT y adendas donde se indican los requerimientos constructivos y de los materiales. Específicamente la Adenda 3 en la que se aclara sobre la Base Granular.

Como parte de la información disponible se muestran las estructuras de los otros dos lotes (1y2):

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

Estructuras de pavimentos referenciales Pavimentación BELEN_SAN PEDRO

Lote	Contratista	Inicio	Fin	Longitud (km)	Estructura de Referencia	SN	Eeq Referencia 10 años	Eeq Referencia 20 años
1	**Ecomipa S.A.**	Cruce Yacaré Ñe'e_Ruta PY11	km 50	50,00	N° / Desc. / Espe.(cm) 1 Concreto Asfáltico 6 2 Base granular C.B.R. >=100% 18 3 Sub base suelo cemento, Fck>=20 Kg/cm2 19 4 Sub rasante mejorada, C.B.R. >=20% 30 5 Trat. Superficial Simple en banquina 1.5	3,11	3.968.995	7.661.755
2	**Consorcio Vial Oriental (TR_DC)**	km 50	km 88,8 (Belén)+ 17,2 Ripio y 200m puente	38,87	N° / Desc. / Espe.(cm) 1 Concreto Asfáltico 7 2 Base granular C.B.R. >=100% 18 3 Sub base suelo cemento, Fck>=20 Kg/cm2 20 4 Sub rasante mejorada, C.B.R. >=20% 30 5 Trat. Superficial Simple en banquina 1.5	3,29	2.405.544	
3	**Constructora Acaray S.A**	km 0 de (Horqueta)	Belén hasta el km 43,9 (Concepción)	43,92	LICITACION Lote 3 / Referencial Capa / Espesor CA 6 BG Virgen CBR 100% 20 Sub Base Granular CBR 100% 20 30 cm Subrasante Mejorada CBR ≥ 10% sobre CBR 5% = CBR 2,5%	3,18		

Tabla 3 – Tramos del Llamado público, incluye el Lote 1, 2 y 3, con sus respectivos datos técnicos

En la Tabla 3 también se observa los Números estructurales y EEq previstos para los otros dos lotes.

Se hace mención a la necesidad de reconocer una estructural equivalente o similar a los proyectos vecinos como el caso del Lote 2 con SN 3,29, y capa asfáltica de 7cm. Por otro lado, es importante mencionar la presencia de camiones de carga y trasganados en la zona Belén, siendo un punto obligado por la industria cárnica instalada en la Ciudad y cuyo acceso se encuentra sobre el tramo evidenciados por los camiones trasganados. A esto se debe sumar el futuro transito forestal (PARACEL) y de granos cuyos destinos son los puertos en Concepción.

4. NORMATIVAS APLICADAS

Para el diseño de los pavimentos se ha tenido en cuenta lo recogido en los siguientes documentos y fuentes

- Manual de Carreteras del Paraguay, Unidad 3, Volumen 3.2, Capítulo 3.2.2, Sección 3.2.2.3 Diseño de Pavimentos Flexibles. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. República del Paraguay (edición- 2019).
- Manual de Carreteras del Paraguay. Tomo 6 Normas para Materiales y Ensayos de Materiales, Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. República del Paraguay (a edición- 2019).
- Manual de Carreteras del Paraguay. Tomo 2. Volumen II: Especificaciones técnicas para la Construcción del Pavimento. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. República del Paraguay (Primera edición- 2019).
- Guide for design of pavement Structures. American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO, Washington, D.C. (1993).

5. CONSIDERACIONES DE LA ESTRUCTURA DE REFERENCIA

Se pretende determinar la oferta estructural del pavimento de licitación, teniendo en cuenta

- Número Estructural según las capas y espesores definidos
- Condición de Apoyo o Fundación

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

y partir de estos, poder determinar los EEq que dicha estructura pueda cubrir o simplemente definir las solicitaciones ESALs. El conjunto de todo se define como oferta estructural, la cual pretende ser igualada o mejorada con capas de materiales acorde a la disponibilidad. A continuación, se muestran cada uno.

Numero Estructural de las capas _ materiales y espesores de la estructura de pavimento:

Capa		Espesor (cm)	Coef. de Aporte	Coef. de Drenaje	SN
	Carpeta de Concreto Asfáltico Convencional	6,0	0.17	-	1.02
	Base Granular CBR ≥ 100%	20,0	0.055	1	1.10
	Sub Base Granular CBR ≥ 80%	20,0	0.053	1	1.06
				SNeff =	**3.18**

Tabla 4 – Número Estructural Efectivo

Para el cálculo del Número Estructural Efectivo del paquete estructural de referencia se utilizó la metodología indicada en la Guía AASHTO'93 como "SN efectivo por condición superficial del pavimento". De acuerdo a esta metodología, el Número Estructural Efectivo (SNeff) se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$SNeff = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot D_3 \cdot m_3$$

Ecuación 1 – Número Estructural Efectivo (AASHTO, 1993)

Donde:

D_1, D_2, D_3 = espesores de las diferentes capas del pavimento

a_1, a_2, a_3 = coeficientes de aporte de cada capa

m_2, m_3 = coeficientes de drenaje (Tabla 2.4 de la guía AASHTO '93)

Consideraciones sobre el asfalto convencional y modificado

La contratista instruyo a este especialista las limitaciones económicas respecto al Item Carpeta Asfáltica, por lo que por valoración económica se optó por considerar dos tipos de cementos asfalticos (betum):

- CAP Modificado con Polímeros en la Ruta Nacional PY22
- CAP Convencional para los caminos de menor categoría

La tramificación de dicha consideración se muestra en la siguiente tabla:

Consideraciones de Tipo de Cemento Asfaltico según Tramo_LOTE 3 BELEN-HORQUETA				
Tramo	Desde	Hasta	Categoría	Tipo de Carpeta Asfáltica
1	0+000	24+240	Ruta Departamental N°29	Convencional
2	24+810	25+760	Ruta Nacional PY 22	Modificado c/Polímeros
3	25+760	38+040	Ruta Nacional PY 22	Modificado c/Polímeros
4	38+040	42+100	Camino Vecinal	Convencional
5	42+100	44+040	Camino Vecinal	Convencional

Tabla 5 – Coeficientes estructurales asumidos y calculados según MCPy 2019

Para objeto de cálculo estructural, en lo referente a capacidad de estructura de ambos tipos de mezclas actualmente existe una discusión sobre el mayor aporte del modificado frente al convencional, pero dichos estudios o investigaciones aun no son concluyentes o normadas, por lo que a objeto de cálculo se mantienen dichos aportes estructurales similares o iguales, destacando otras propiedades del modificado

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

por sobre el convencional a nivel desempeño que se describen más adelante. En el Numeral 7. Secciones Transversales según Categoría de Ruta se muestran los detalles para cada tipo de cemento asfaltico. Resaltando nuevamente que a objeto estructural se considera ambas mezclas con valores iguales, siendo esto discutible, pero con un valor de 0,17 se toma una postura conservadora.

5.1. COEFICIENTES DE APORTE ESTRUCTURAL

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del cálculo numérico para la carpeta, base y sub base de la estructura de referencia:

Coef de Aporte	Formula	Parámetro	Valor
a1	$a_1 = 0{,}0078 \cdot EM^{0{,}441}$	Marshall 9000	0,170
a2	$a_2 = 0{,}032 \cdot (CBR)^{0{,}32}$	CBR 100 %	0,055
a3	$a_3 = 0{,}058 \cdot (CBR)^{0{,}19}$	CBR 80 %	0,053

Tabla 6 – Coeficientes estructurales asumidos y calculados según MCPy 2019

Considerando las formulas del MCPy 2019 sobre las recomendaciones de la Guía AASHTO '93, se procedió al cálculo del valor numérico mediante las siguientes ecuaciones de coeficiente de aporte estructural para base (a2) y sub base (a3).

5.2. CALCULO DE CONDICIÓN DE APOYO

La licitación muestra una capa de apoyo de estructura de:

- 30 cm de Subrasante Mejorada CBR ≥ 10% sobre Terraplén CBR ≥ 5%,

siendo este último un valor asumido dadas las condiciones en los otro dos lotes y una consideración aceptable dado el reconocimiento del sitio y ensayos realizados.

De estas dos capas de suelo y respectivos CBRs se obtiene el valor de la condición de apoyo a parir de la tenso-dependencia de ambas capas (formula del MCPy 2019)

SITUACIÓN DE APOYO_referencial									
Capa	Espesor cm	CBR (%)	Módulo (MPa)	Relación 1/F	Módulo Combinado (MPa)	Relación 1/F	Módulo Combinado (MPa)	Módulo Combinado (psi)	CBR Combinado (%)
SubRasante mejorada_10%	0,30	10,0	76,8	1,000	49,3	0,763	64,6	9372,7	7,6
Terraplén_CBR 5%	0,30	5,0	49,3						
Terraplén_CBR 5%	-	5,0	49,3						

Tabla 7 – Calculo de condición de apoyo o fundación de la estructura

Obteniéndose un valor de apoyo de estructura de 9.373 psi, equivalente o aproximado a un módulo de 64,6 MPa o su correlación según formular MCPy 2019 de CBR 7,6%.

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

Con el SN efectivo del paquete estructural estimado y el módulo resiliente de subrasante = 9.370 psi (CBR 7%), se calculan los ejes equivalentes según los lineamientos de la AASHTO 93.

Para el cálculo de EEq de oferta estructural se toma en cuenta la condición de apoyo y la estructura prevista, obteniéndose los EEq, cuyos parámetros de cálculo se describen a continuación mediante el software de diseño AASHTO. Se utilizaron los siguientes parámetros de diseño, bajo criterios asumidos por este calculista y que cumplen o mejoran los parámetros del diseño estructural del lote 1y2.

- Confiabilidad ≥ 85%
- La desviación normal del error combinado S0 ≤ 0,49
- Índices de Serviciabilidad ΔPSI = Pi – Pf = 4,2 – 2,0 = 2,2
- Módulo resiliente de subrasante = 9.373 psi (CBR ≥ 7%)

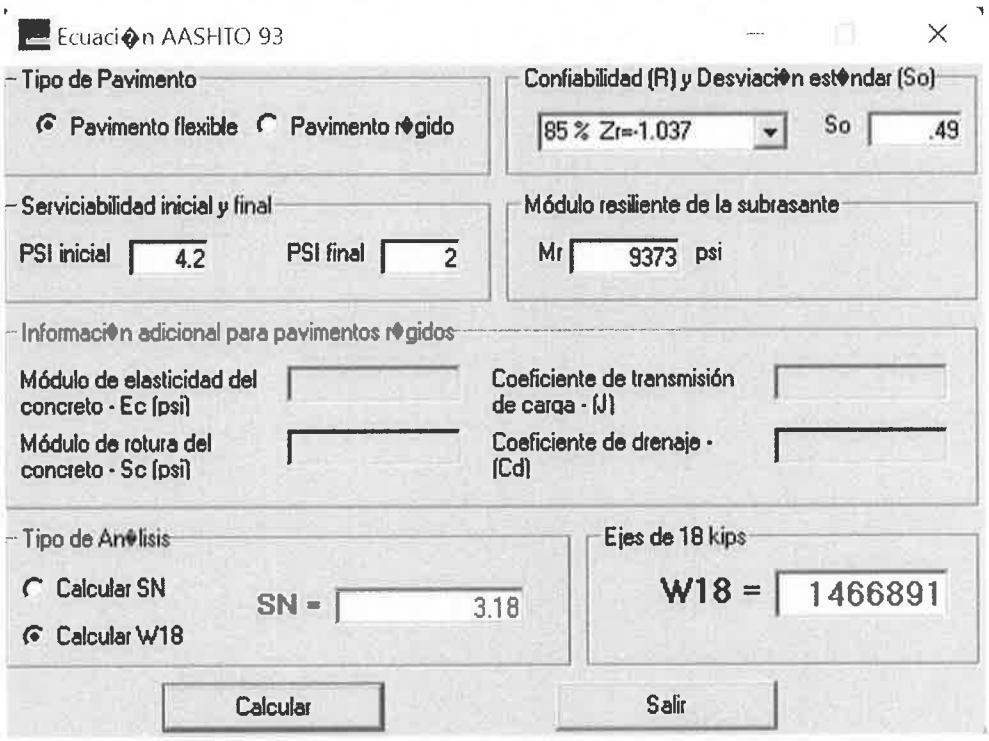


Figura 3 – Calculo de EEq según datos de licitación y parámetros adoptados

Para la condición de apoyo de CBR 7%, parámetros adoptados y estructura prevista de la Licitación, se determina que los **EEq ≥ 1.466.891 (aproximadamente 1.467.000).**

Hecho el cálculo de los EEq previstos en la licitación o requerimiento técnicos, se procede a igualar o mejorar estos valores según las capas y espesores de una propuesta con consideraciones hacia el uso de materiales de la zona, específicamente:

- Suelo para Terraplén (núcleo)
- Ripio para subrasante mejorada o capa estructural

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

5.3. ANALISIS DE LOS MATERIALES DE LA ZONA

El Contratista ha realizado una campaña de caracterización de los materiales disponibles en la zona de implantación del proyecto. Enfocados en dos materiales:

- Suelos en la traza
- Prestamos de Ripio en la zona de Obra

Del muestreo y caracterización de **suelos** de traza se obtuvo en resumen lo siguiente:

Tipo	Cantidad	%
A-2-4	6	18
A-4	24	71
A-6	3	9
A-7-6	1	3

Tabla 8 – Resumen suelo disponibles para terraplén

Cuyo resumen estadístico respecto a los valores CBRs se muestra en el siguiente cuadro:

Estadística	Valor CBR %
Promedio:	15,7
Mínimo:	10,0
Máximo:	29,7
Percentil 80%:	11,0
Desviación Estándar:	6,3

Tabla 9 – Estadística de valores CBR de suelos en traza

Para mejor entendimiento se muestra el siguiente cuadro de valores obtenidos en los ensayos sobre muestras de distintos materiales de suelo que se encuentra en la zona de Obra.

Pudiéndose adoptar el un valor representativo para el cálculo de estructura de pavimento el valor mínimo de CBR 10% como núcleo de Subrasante, en base al cuadro siguiente.

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

MÉTRICA INGENIERÍA	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO_ LOTE 3, KM 0+000 - KM 43+920 CONSTRUCTORA ACARAY		
	REPÚBLICA DEL PARAGUAY	ENERO 2023	REV. 00

Identificación					Ensayos de laboratorio							
FECHA	PROGRESIVAS	SONDAJE Nº	LADO	UBICACIÓN	CLASIFICACIÓN	I.P	PASANTE #200	DENSIDAD MAX SECA Kg/m3	HUMEDAD ÓPTIMA %	CBR %	EXPANSIÓN %	MÉTODO
24/08/2022	26+000	1	IZQ	A 900 m del eje	A-4	6,7	41	1940	11,6	11,6	0,13	T-99
24/08/2022	26+000	2	DER	A 900 m del eje	A-4	8,2	49,2	1905	12,8	7,3	0,05	T-99
27/08/2022	15+540	5	DER	A 500 m del eje	A-4	7,3	41	1950	11,4	11,0	0,13	T-99
28/08/2022	14+700	6	IZQ	A 800 m del eje	A-4	7,8	40,3	2000	10,4	12,0	0,13	T-99
01/09/2022	14+850	7	DER	A 50 m del eje	A-4	9	45,2	1940	12,4	11,0	0,22	T-99
30/08/2022	15+540	8	DER	A 900 m del eje	A-4	7,9	45,3	1950	11,2	10,7	0,36	T-99
31/08/2022	16+610	9	DER	A 1500 m del eje	A-4	8,6	36,2	1997	10	11,0	0,13	T-99
02/09/2022	8+000	10	IZQ	A 200 m del eje	A-4	3	44,3	1930	10	11,0	0,22	T-99
05/09/2022	8+000	11	DER	A 900 m del eje	A-4	4,3	36,1	1977	10,6	10,0	0,26	T-99
09/09/2022	8+000	12	IZQ	A 1000 m del eje	A-4	5	37	1977	10	14,0	0,35	T-99
09/09/2022	8+000	13	IZQ	A 700 m del eje	A-4	6,9	40,6	1969	10,3	10,7	0,40	T-99
26/08/2022	26+700	14	DER	Prestamo lateral	A-4	8,7	36,9	1940	11,6	11,0	0,37	T-99
28/08/2022	23+800	15	IZQ	A 70 m del eje	A-6	11,8	50,4	1780	15,3	4,3	1,62	T-99
20/09/2022	24+500	16	DER	A 4200 m del eje	A-4	9	41,8	1959	12	13,0	1,62	T-99
28/08/2022	30+700	17	DER	A 800 m del eje	A-4	6	39,4	2009	20,6	13,4	0,28	T-99
23/09/2022	30+700	18	DER	A 1800 m del eje	A-4	4,7	42,2	1977	11,2	11,5	0,31	T-99
23/09/2022	35+600	19	DER	A 700 m del eje	A-2-4	NP	23,1	2122	6	29,7	0,04	T-180
23/09/2022	36+400	20	IZQ	A 70 m del eje	A-4	6,2	39,5	2022	10	25,3	0,44	T-99
18/09/2022	21+480	21	IZQ	A 100 m del eje	A-6	10	47,3	1810	14,9	8,0	0,79	T-99
25/09/2022	36+400	22	IZQ	A 700 m del eje	A-2-4	NP	21,9	2075	8,6	20,3	0,79	T-180
26/09/2022	34+900	23	IZQ	A 600 m del eje	A-4	10,2	40,6	1877	12,8	7,8	0,70	T-99
18/09/2022	31+600	24	DER	A 70 m del eje	A-2-4	NP	25,3	2110	7,7	28,3	0,09	T-180
26/09/2022	31+300	25	DER	A 70 m del eje	A-6	11	37,7	1758	16,7	28,3	0,79	T-99
28/09/2022	30+700	26	DER	A 1300 m del eje	A-4	6,6	40,9	1956	11,6	10,2	0,13	T-99
03/10/2022	1+500	31	IZQ	A 100 m del eje	A-2-4	2	32,6	2010	9,6	11	1,00	T-99
03/10/2022	2+100	32	DER	A 100 m del eje	A-4	9,8	44,5	1887	12,5	9,1	0,35	T-99
03/10/2022	3+400	33	IZQ	A 100 m del eje	A-4	6,9	39,6	1978	10,3	14,8	0,28	T-99
04/10/2022	6+200	34	DER	A 200 m del eje	A-2-4	6,6	31,7	2125	7,5	23,3	0,09	T-180
03/10/2022	6+300	35	IZQ	A 200 m del eje	A-4	11,6	49,1	1912	11,9	15,9	0,13	T-99
06/10/2022	6+300	36	DER	A 300 m del eje	A-4	5,5	44	1902	11,9	14,1	0,18	T-99
06/10/2022	7+100	37	DER	A 200 m del eje	A-4	9,7	42,1	1895	11,8	16,8	0,17	T-99
06/10/2022	11+000	38	DER	A 200 m del eje	A-4	8,1	42	1971	9,8	17,4	0,22	T-99
06/10/2022	11+000	39	IZQ	A 500 m del eje	A-2-4	4,8	31,6	2152	7,8	23,6	0,19	T-180
06/10/2022	20+200	40	IZQ	A 150 m del eje	A-7-6	19,6	59,7	1717	15,5	7,8	0,70	T-99

Tabla 10 – Caracterización de suelos en traza (en azul las que no se consideran)

Se hace entrega de las planillas de resultados en el Anexo Resultados de Laboratorio.

De igual manera se procedió al análisis de fuentes de ripio cercanas en sus distintas condiciones y todas cercanas a la zona de obra y en zonas de posibles préstamos, siendo la caracterización de los mismos registrada en el siguiente cuadro:

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

MÉTRICA INGENIERIA	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO_ LOTE 3, KM 0+000 - KM 43+920 CONSTRUCTORA ACARAY		
	REPÚBLICA DEL PARAGUAY	ENERO 2023	REV. 00

Identificación					Ensayos de Laboratorio										
FECHA	Muestra	N° DE MUESTRA	Lado	Adiciones	INDICE DE PLASTICIDAD (IP)	CLASIFICACIÓN	Ph (según % de cal)			PASANTE #200	DENSIDAD MAX SECA Kg/m3	HUMEDAD OPTIMA %	C B R %	EXPANSIÓN	MÉTODO
							2%	4%	6%						
24/07/2022	1	1	DER	Ripio solo	5,0	A-2-4	12,42	12,62	12,79	29,5	2170	8,3	112,0	0,00	T - 180
29/08/2022		1	DER	2% de cal	NP	A-2-4				13	2167	7,2	118,0	0,00	T - 180
23/08/2022		1	DER	15% de 6ta	NP	A-2-4				13	2237	7,1	119,2	0,08	T - 180
23/08/2022	2	2	IZQ	Ripio solo	5,8	A-4	12,35	12,53	12,62	39,3	1897	11,0	62,6	0,80	T - 180
03/09/2022		2	IZQ	2% de cal	5,9	A-4				31,3	2030	11,7	90,5	0,07	T - 180
05/09/2022		3	IZQ	2% de cal	NP	A-2-4				31,6	2078	12,1	33,2	0,00	T - 180
05/09/2022		3	IZQ	4% de cal	NP	A-2-4				32,1	2113	11,1	55,0	0,00	T - 180
02/09/2022		4	DER	Ripio solo	5,2	A-2-4	12,44	12,53	12,71	25,0	2115	9,9	78,6	0,00	T - 180
03/09/2022	4	4	DER	2% de cal	NP	A-2-4				26,3	1951	14,7	127,0	0,00	T - 180
05/09/2022		5	IZQ	Ripio solo	7,3	A-2-4	12,35	12,53	12,62	30,8	1888	13,2		0,13	T - 180
05/09/2022	5	5	IZQ	2% de cal	6,6	A-2-4				29,3	1875	13,4	46,0	0,13	T - 180
11/09/2022		6	LI	Ripio solo	6,9	A-4	12,26	12,53	12,62	37,0	1905	12,7	80,2	0,04	T - 180
20/09/2022	6	6	LI	2% de cal	4,4	A-2-4				22,0	1853	14,6	132,9	0,02	T - 180
20/09/2022		7	LI	2% de cal	7	A-4				41,0	2012	13,5	69,8	0,07	T - 180
15/09/2022		8	LD	Ripio solo	5,2	A-2-4	12,35	12,62	12,71	25,0	2115	9,9	86,4	0,26	T - 180
20/09/2022	8	8	LD	2% de cal	NP	A-2-5				18,4	2054	11,6	122,6	0,04	T - 180
28/09/2022		9	DER	2% de cal	5,6	A-2-4				34,1	1965	12,9	54,1	0,17	T - 180
22/09/2022		10	IZQ	Ripio solo	13,4	A-6	12,0	12,4	12,6	50,3	2124	9,2	44,0	0,36	T - 180
28/09/2022	10	10	IZQ	2% de cal	6,9	A-4				44	2072	10,2	69,3	0,09	T - 180
29/09/2022		11	IZQ	2% de cal	9,6	A-2-4				29,4	2053	10,3	75,5	0,13	T - 180
23/09/2022		12	DER	Ripio solo	7,7	A-2-4	12,3	12,5	12,6	34,4	1881	14,7	67,8	0,13	T - 180
29/09/2022	12	12	DER	2% de cal	6,7	A-2-4				32,3	1862	15	80,3	0,04	T - 180
01/10/2022		13	DER	Ripio solo	8,5	A-4	12,0	12,3	12,5	37,9	2166	9,4		0,36	T - 180
03/10/2022	13	13	DER	2% de cal	7,7	A-2-4				35,1	2072	12,3	53,5	0,04	T - 180
02/10/2022		14	DER	Ripio solo	8,2	A-4	12,3	12,6	12,7	49,6	2036	10,9	58,5	0,18	T - 180
03/10/2022	14	14	DER	2% de cal	7,6	A-4				48,4	1958	14,5	118,0	0,00	T - 180

Tabla 11 – Caracterización de ripio de préstamos y combinaciones

Del muestreo y caracterización de ripio de préstamos se obtuvo el siguiente resumen estadístico respecto a los valores CBRs y que se muestra en el siguiente cuadro:

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

Estadística	Valor CBR %
Promedio:	81,5
Mínimo:	33,2
Máximo:	132,9
Percentil 80%:	54,6
Desviación Estándar:	29,6

Tabla 12 – Estadística de valores CBR de suelos en traza

Al igual que la observación anterior no se ha considerado o se han descartado valores de ripio menores a 30%, que, si bien existen, al momento ejecución de obra estas no podrán usarse atendiendo que este requerimiento propuesto es para su uso como Subrasante mejorada ≥ CBR 30%. Se asume valor de ≥ CBR 30% como valor de subrasante mejorada dada la alta disponibilidad.

5.4. RIPIO COMO ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

Por otro lado, dado la disponibilidad de ripio estructural y con mejor presencia de material granular del tipo canto rodado, se hizo un análisis de la posibilidad del su uso como parte de la estructura de pavimento, tomando en cuenta requerimientos técnicos o especificaciones técnicas disponibles y vigentes según la normativa local MCPy2019 y estructuras de proyectos del MOPC cercanas o ejecutadas, el contratista obtuvo material para su utilización como Ripio Estructural por lo que se procedió al análisis.

Dado requerimientos establecidos según antecedentes del MOPC los siguientes:

Ensayo	Norma MOPC	Norma ASTM	Norma AASHTO	REQUERIMIENTOS
Abrasión	MOPC	C 131	T 96	50 % máx.
CBR (1)	MOPC	D 1883	T 193	40 % mín.
Límite Líquido	MOPC	D 4318	T 89	25 % máx.
Índice de Plasticidad	MOPC	D 4318	T 89	6 % máx.
Equivalente de Arena	MOPC	D 2419	T 176	25 % mín.
Sales Solubles	MOPC	C 670	T 104	1 % máx.
Partículas Chatas y Alargadas (2)	MOPC	D 4791	T 88	20 % máx.

(1) Referido al 98% de la Densidad Máxima del Proctor de referencia (compactación para puesta en obra del material).

(2) La relación a emplearse para la determinación es 1/3 (espesor/longitud)

Tabla 13 – Requerimientos precedentes del MOPC para el Ripio

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

En el Anexo Resultados de Laboratorio se incluye los valores de Ripio de Cantera, siendo verificados cada uno de los parámetros exigidos, pero a su vez debiéndose ser muy exhaustivos al momento de ejecución de obra en la selección o gestión del material. Se hace la aclaración dada la disponibilidad de este material y cuyos ensayos se encuentran cercano al límite y cumplen los valores requeridos en la Tabla 12:

Ensayo	Valor Obtenido (ripio tipo canto rodado)
Abrasión	48%.
CBR (1)	60 %.
Límite Líquido	15 % .
Índice de Plasticidad	5 %.
Equivalente de Arena	40 %.
Sales Solubles	No presenta
Partículas Chatas y Alargadas (2)	Verificar

Tabla 14 – Valores del Ripio tipo Canto Rodado Zona Belén _Concepción

Los ensayos se muestran en el **Anexo Datos de Ripio.** Por otro lado, también existe un requerimiento granulométrico para la SubBase en proyectos similares de la zona por el MOPC, la cual se muestra a continuación, reiterando la necesidad que sea bien controlada durante la ejecución de obra:

TABLA 5.2_3. REQUERIMIENTOS GRANULOMÉTRICOS PARA BASE GRANULAR

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4.75 mm (Nº 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2.0 mm (Nº 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
4.25 um (Nº 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 um (Nº 200)	2 – 8	5 – 15	5 -15	8 – 15

Fuente: ASTM D 1241

Tabla 15 – Requerimientos Granulométrico para Bases y SubBases del MCPy2019

Siendo algunas de las curvas obtenidas las siguientes, con cumplimento de la Gradación de la Faja B:

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

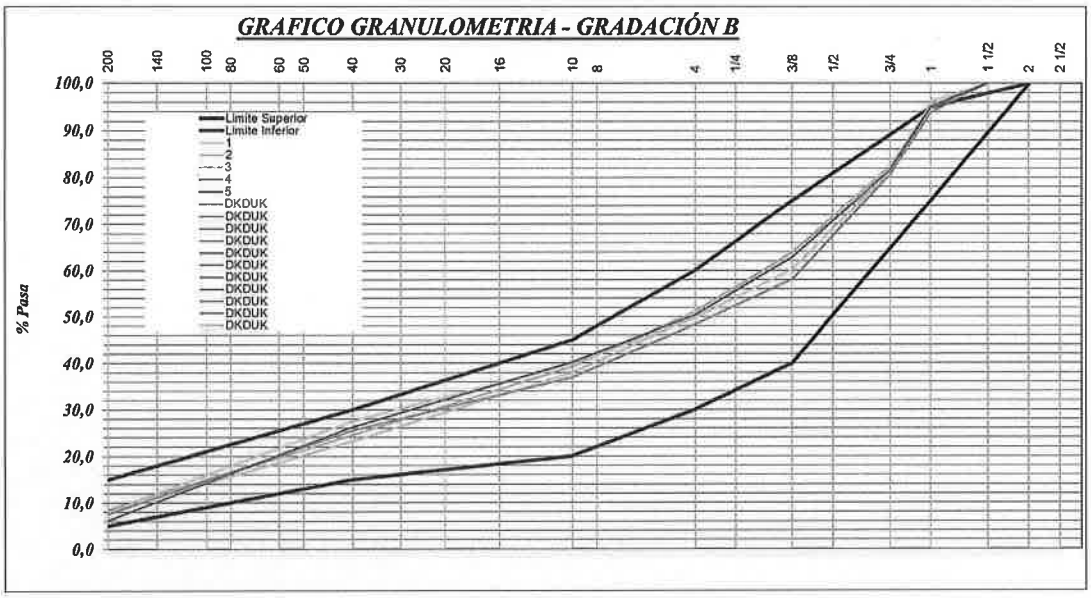


Tabla 16 – Verificación Granulométrica del Ripio según Granulométricas

Hecha la validación del Material de Ripio tipo canto rodado, la misma se propone como SúbBase Granular, cuyo aporte estructural se limita a valores mínimo de CBR 60%, siendo importa el seguimiento y control en obra.

6. PROPUESTA DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

6.1. Equivalencia estructural (licitación versus propuesta)

Para realizar una propuesta se toma en cuenta los mismos parámetros y sobre todo misma estructura de licitación, generándose una propuesta que a criterio de este especialista resulta mejor. Para ello se toma en cuenta tres consideraciones de equiparación o compatibilidad estructural para realizar la equivalencia estructural:

Resumen comparativo de ESTRUCTURA DE PAVIMENTO		
Parámetro	**Licitación**	**Propuesta**
SN (Numero Estructural)	3,18	3,18
Condición de Apoyo_CBR%	CBR 7,6 % (Ver Condición de Apoyo de Referencial)	CBR 10,9% (Ver Calculo a continuación)
EEQ_Ejes Equivalentes	**1.466.891**	

Tabla 17 – Comparativo de variables principales para el cálculo estructural

Siendo la condición de apoyo de la estructura calculada de la siguiente manera:

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

MÉTRICA INGENIERIA	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO_ LOTE 3, KM 0+000 - KM 43+920 CONSTRUCTORA ACARAY		
	REPÚBLICA DEL PARAGUAY	ENERO 2023	REV. 00

Capa	Espesor cm	CBR (%)	Módulo (MPa)	Relación 1/F	Módulo Combinado (MPa)	Relación 1/F	Módulo Combinado (MPa)	Módulo Combinado (psi)	CBR Combinado (%)
Ripio CBR ≥30%	0,20	30,0	143,5	1,000	49,3	0,607	81,2	11782,9	10,9
Terraplén_CBR 10%	0,20	10,0	76,8						
Terraplén_CBR 5%	-	5,0	49,3						

Tabla 18 – Modulo combinado de la Condición de apoyo según materiales disponibles

Siendo una mejora en la condición de apoyo, mediante el uso del Ripio CBR≥30%, (Subrasante Mejorada con Ripio Natural CBR≥30%), y a partir de esto el nuevo cálculo de Numero Estructural (SN) para cubrir los EEq mediante Metodología AASHTO 93:

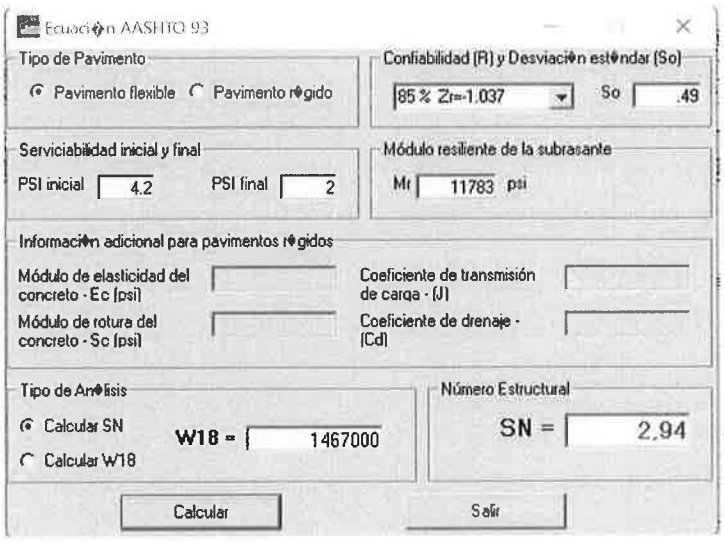


Figura 4 – Calculo de SN requerido o necesario según EEq y parámetros adoptados

Siendo SN necesario de 2,94, se propone una estructura mejor aumentando la capa de ripio CBR 60%, obteniéndose la siguiente estructura:

PROPUESTA con apoyo según datos de campo	ESAL_10 años 1.466.600	Propuesta (Carpeta y BG / SubBase Ripio)		
	Capa	Espesor	Coef	Aporte
7	CA (*)	7	0,170	1,19
18	BG Virgen CBR 100%	18	0,055	0,99
20 Ripio natural CBR 60%	SubBase Granular_Ripio CBR 60%	20	0,050	1,00
Condición de Apoyo_81 Mpa (psi 11.783 o CBR 11 %)				
SN necesario 2,94	**Subrasante Mejorada:** 20cm SubRasante Mejorada CBR 30% sobre Terraplén CBR 5%.		**SN = 3,18**	

Figura 5 – Calculo de SN según capas propuestas y SN necesario o requerido

* Observación: se proponen dos tipos de asfaltos, modificado y convencional, cuya diferencia estructural mediante coeficiente de aporte no se realiza dado que a la fecha es discutible o aun no validado. Sin embargo, fuera de lo estructural se resaltan las ventajas de usar asfalto modificados más adelante.

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

Donde el valor de la capa nueva de Ripio CBR 60% calculo o resultante de:

Coef de Aporte	Formula	Parámetro	Valor
a3 SubBase	$a_3 = 0{,}058 \cdot (CBR)^{0{,}19}$	CBR 60%	0,050

Hecha la caracterización y justificación de materiales disponibles en la zona de implantación y otros proyectos vecinos, se propone como estructura el uso o consideración de los siguientes materiales o capas en comparación al referencial:

Capa		Espesor (cm)
	Carpeta de Concreto Asfáltico Convencional	6,0
	Base Granular CBR ≥ 100%	20,0
	Sub Base Granular CBR ≥ 80%	20,0
	30 cm de Subrasante Mejorada CBR ≥ 10% sobre Núcleo Terraplén CBR ≥ 5%	

Tabla 19 – Estructura de Pavimento Referencial o Licitación

Capa		Espesor (cm)
	Carpeta de Concreto Asfáltico (*)	7,0
	Base Granular CBR ≥ 100%	18,0
	Sub Base Granular de Ripio CBR ≥ 60%	20,0
	20 cm de Subrasante Mejorada CBR ≥ 30% sobre Nucleó Terraplén CBR ≥ 5%	

Tabla 20 – Estructura de Pavimento Propuesta (Modificado para Belén Concepción y Convencional para Horqueta Belén)*

Véase que se consideró un mismo núcleo que el referencial excepto en las últimas capas del terraplén, por más que la contratista haya encontrado suelo para terraplén en la traza con CBR ≥ 10%, por lo que en este caso se asume una postura conservadora para el cálculo que debe tenerse en cuenta.

Propuesta de uso de Pavimento con Concreto Asfaltico con Polímero.

Para el tramo correspondiente a la Ruta PY22 entre Belén y Concepción, se hace la propuesta de cambio del concreto asfaltico convencional por mezclas con cemento asfaltico modificado con polímeros, haciendo mención a 4 consideraciones a tener en cuenta:

- Exigencias del MOPC en proyectos de pavimentación o en la mayoría de los contratos actuales y anteriores en los que se exige el uso de asfaltos modificados
- En el caso específico del Lote 3, se prevé una sola capa asfáltica como parte de la estructura, lo que hace u obliga a disponer de una mezcla con la mejor prestación posible
- Condiciones de temperatura y gradiente de temperatura que obligan a mejorar desempeño de mezclas
- Ventajas ante posibles patologías o fallas típicas localmente, como ahuellamiento o deformación permanente

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

La propuesta de modificación del asfalto obedece a ofrecer mejor desempeño para lo cual se hace entrega de las EETT del **Pavimento con Concreto Asfaltico con Polímero.** No aplica al tramo Horqueta Belén por limitaciones económicas.

Del cálculo desarrollado se resalta como primera observación que la estructura de referencia que si bien prevé dos capas granulares de 20 cm, considera con acertada, se observa la condición de apoyo de apoyo o fundación como regular o mala, el cual puede ser mejorado con el uso de material local y más favorable para la estructura. Por otro lado, y dado que no se dispone de datos o memoria técnica que justifique un tránsito o ejes equivalentes, se sugiere tomar en cuenta que el tramo del Tramo Belén _ Concepción de 43 km debe tener un trato especial en lo concerniente a presencia de camiones Trasganado y futuramente camiones del agro provenientes de la zona del Lote 1y2, por los EEq deberían aumentarse o considerarse una estructura generosa en su fundación, capas granulares y que al menos pueda cubrir una de cantidad camiones similares al proyecto vecino como lo es el Lote 2 (aproximadamente 2.460.000 ejes equivalentes disponible en memoria de ingeniería). Con este criterio se asume un valor de concreto asfaltico igual al de Lote 2 de 7 cm.

6.2. Verificación de Estructura Mediante método mecanicista

Es conveniente una verificación por Metodología Mecanicista, diferente a la Metodología AASHTO 93, siendo uno de los objetivos determinar la capa que futuramente fallaría, por lo que se optó por verificar mediante software multicapas, en este caso el MePADS, ya conocido regionalmente. Bajo la verificación por metodología mecanicista que pretende realizarse, la misma no irá a cumplir dado también la no verificación por Capas en la Metodología AASHTO. Sin embargo, a modo de verificación de la estructura propuesta se utilizaron los modelos de fatiga propuestos por el CSIR en su documento "OVERVIEW OF THE SOUTH AFRICAN MECHANISTIC PAVEMENTDESIGN METHOD", versión 2001.

Dado que el proyecto posee una cobertura asfáltica convencional y se propone una con polímeros, el análisis se basó en verificar si los EEq previstos, bajo consideraciones de fatiga (20% del pavimento agrietado) y falla por Ahuellamiento (deformación superficial critica de 2 cm) y tensiones límites, pudiesen ser un motivo de falla para cada una de las capas consideradas, carpeta, base, subbase y subrasante. Esta verificación tiene por objeto únicamente identificar y atender la capa más exigida en el tiempo, no siendo de estricto cumplimento dado que las consideraciones del proyecto de referencia no los contempla, pero si corresponde sea mencionada en este análisis para que el MOPC, gestione o considere intervenciones o mantenimientos futuros. En el Anexo Memoria de Calculo_ Memoria de Calculo_ Metodología E-M MePADS se muestran los detalles de cálculo. Siendo los resultados los siguientes:

Capa	Espesor (cm)	Módulos (MPa)	EEq admisibles
Carpeta de Concreto Asfáltico Modificado (Belén Concepción) y Convencional (Horqueta Belén)	7,0	3.800	1.093.810
Base Granular CBR ≥ 100%	18,0	300	10.752.400
Sub Base Granular de Ripio CBR ≥ 60%	20,0	211	11.859.700
Subrasante Mejorada CBR ≥ 30% sobre Terraplén CBR ≥ 5% = CBR 10,9%	Núcleo + Subrasante mejorada	82	28.439.000

EEq de referencia: 1.467.000

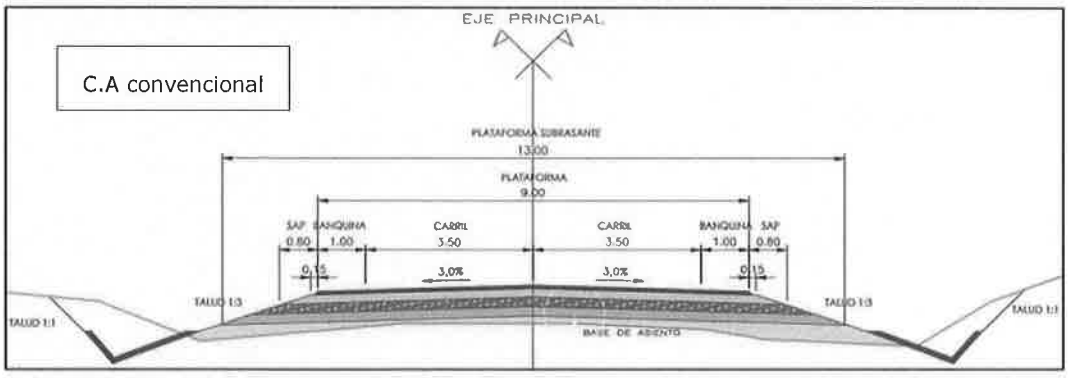
Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

La metodología de diseño estructural utilizada en este proyecto fue la siguiente: La estructura de pavimentos se definió utilizando el método AASHTO 93, para posteriormente sea verificada utilizando un método Empírico Mecanicista, tomando como criterios de falla la fatiga de la carpeta asfáltica (grietas superficiales) y la fatiga de la subrasante (deformación acumulada o ahuellamiento). Se aclara que, la Metodología AASHTO utilizada no se realizó verificación por capas, dado el poco tránsito y principalmente por la No Consideración en el proyecto de referencia, que a su vez la misma no fue considerada en la licitación, a no ser que el MOPC lo instruya y ordene utilizar, lo cual tendría repercusión en el alcance, cantidades, costos y plazos del proyecto que el contratista puede reservarse los derechos. Este comentario es de exclusiva autoría de este especialista, pero servirá para toma de decisiones en la Gestión del Contrato de Construcción, no siendo aplicable la verificación por capa, dada la no consideración de la verificación por capa en el proyecto licitación o documentación disponible en el llamado.

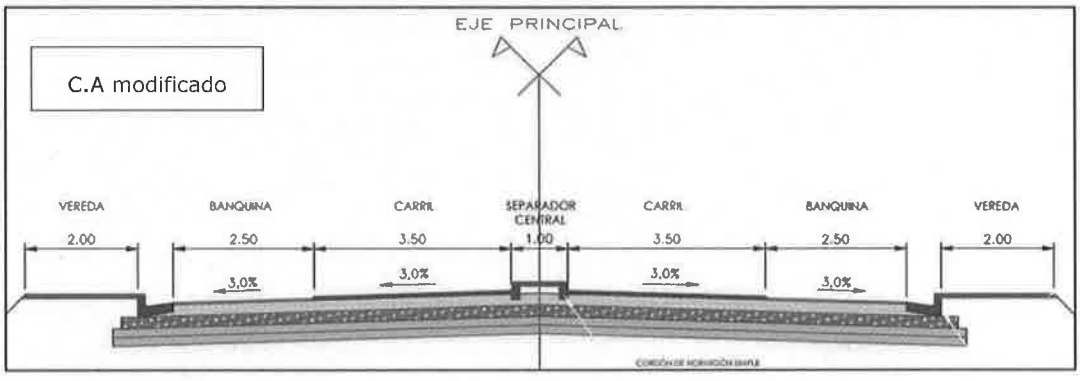
7. SECCIONES TRANSVERSALES TIPO

El contratista instruyo la adopción de las siguientes secciones transversales y detalles en relación a las estructuras de pavimento entre calzada y banquina, diferenciadas por tramo:

Tramo 1	Desde	Hasta	Obs.
Horqueta-Belén	0+000	24+240	Ruta Departamental N° 29

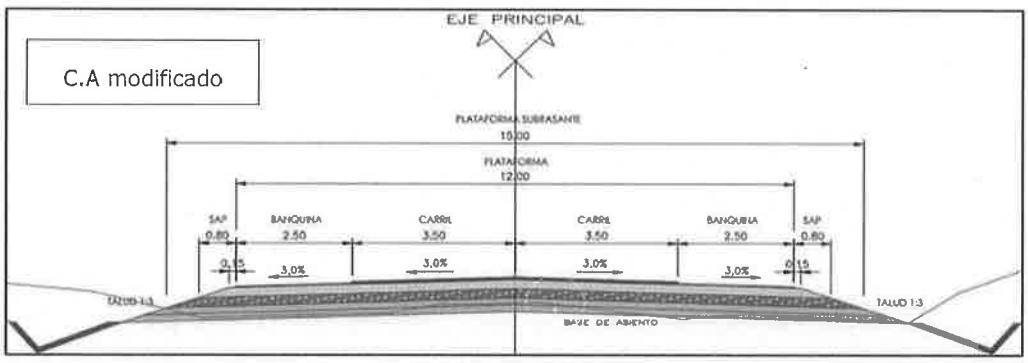


Tramo 2	Desde	Hasta	Obs.
Zona Urbana - Belén	24+810	25+760	Ruta Nacional PY 22

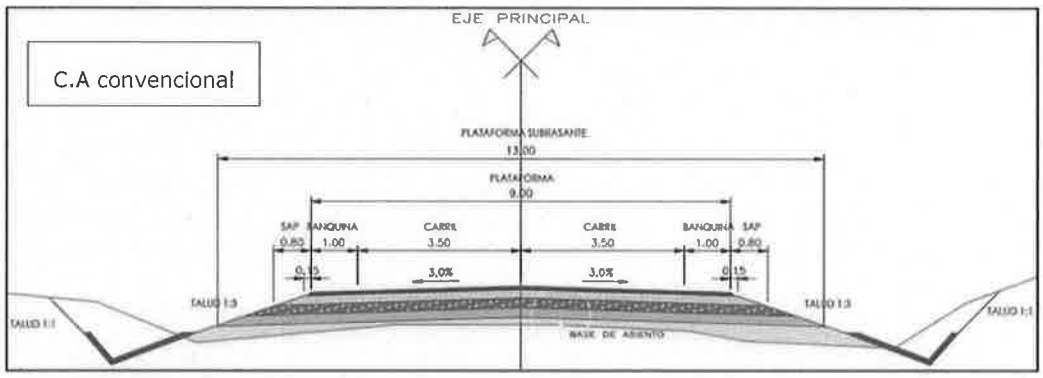


Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

Tramo 3	Desde	Hasta	Obs.
Belén - Concepción	25+760	38+040	Ruta Nacional PY 22



Tramo 4	Desde	Hasta	Obs.
Belén - Concepción	38+040	42+100	Camino vecinal



Tramo 5	Desde	Hasta	Obs.
Zona Urbana - Concepción	42+100	44+040	Camino vecinal

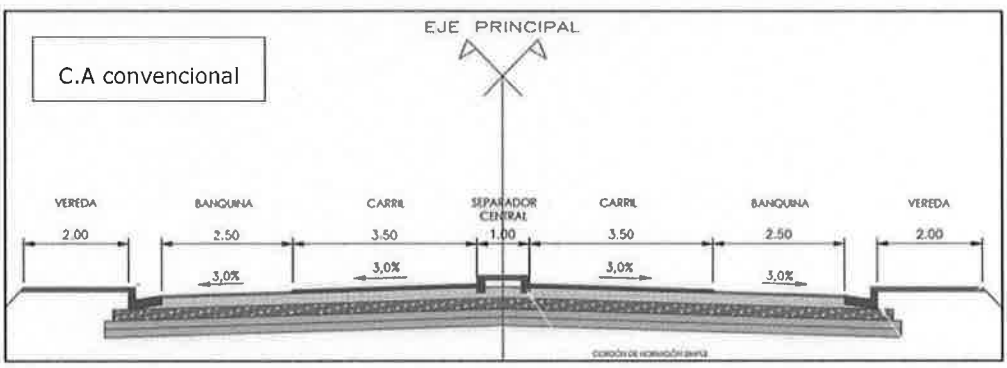


Figura 6 – Secciones Tipo Propuestas según Tramo a) Horqueta Belén 9 m y b) Belén Horqueta 12 m

Estos detalles pueden observarse en la documentación grafica del Diseño Geométrico vial a cargo del Contratista.

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

8. CONCLUSIONES

Se mencionan 3 (tres) conclusiones principales y una recomendación:

Estructura Referencial o de Licitación: de la estructura de licitación prevista (6cm_CA+20cm_BG+20cm_SubBG) y respectiva condición de apoyo (CBR 10% sobre núcleo CBR 5%) se obtuvo los EEq a cubrir (1.467.000), asumiendo parámetros de cálculos conservadores o aceptables para el cálculo por Metodología AASHTO, a su vez aplicados en memorias de los otros lotes.

Análisis de los Materiales de la Zona: la contratista ha realizado ensayos de laboratorio en materiales locales y en torno a la traza, siendo utilizados o caracterizados los suelos y ripios. Este primero puede considerarse con valores de CBR≥10% con parte del núcleo o futuro terraplén, pero a objeto de cálculo se consideró CBR 5% en el núcleo y CBR 10% en la última capa. Los ripios tienen dos características diferentes y bien especificadas:

- CBR≥60%, IP≤6, material granular tipo canto rodado, propuesto para SubBase Granular de Ripio
- CBR≥30%, IP≤10, material suelo con presencia de granular de manera variable (no homogéneo), propuesto para SubRasante Mejorada

Sobre cada uno de estas deberá aplicarse un control según las EETT, propuestas, siendo un ITEM nuevo propuesto la SubBase Granular de Ripio CBR≥60% (nuevo Ítem) y por otro lado la SubRasante Mejorada CBR≥30%, considerándose en estos materiales requerimientos de valor soporte iguales o mayores a los previstos en la licitación:

- SubRasante Mejorada CBR≥30% (licitación CBR≥10%), considerada en una capa de 20 cm. Se propone como nuevo ítem la Subrasante Mejorada con Ripio Natural CBR≥30%.
- Terraplén CBR≥10% (licitación CBR≥5%), sin embargo, el CBR≥10% a modo de cálculo se considera solo en una única capa superior de 20 cm y núcleo de CBR 5%. Esta capa es previa a la SubRasante Mejorada de CBR 30%

Siendo el otro ítem nuevo el Concreto Asfaltico Modificado, el cual tiene ventajas en el desempeño en el tiempo frente al convencional previsto en licitación. El asfalto modificado fue considerado únicamente para el tramo correspondiente a Ruta Nacional PY22, en el resto de los tramos se considera convencional principalmente por el factor presupuesto.

Estructura Propuesta: se propone una estructura mejor técnicamente a la de licitación, pero con materiales locales y disponibles en la zona, usando principalmente el Ripio como capa granular y suelos con características levemente más exigentes como parte del terraplén. Véase Tabla 19. Por otro lado, si bien no se considera con un cambio en el aporte estructural la capa asfáltica modificada, esta tiene ventajas en lo referente a desempeño en el tiempo, sobre todo ante el cambio de temperaturas y exposición, siendo más recomendado su uso.

Recomendaciones técnicas fuera del alcance del Contratista: las estructuras de licitación para los Lotes 1y2 son conocidas, al igual la información respecto a los EEq de los tramos Lote 1 y 2:

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

MÉTRICA INGENIERIA	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO_ LOTE 3, KM 0+000 - KM 43+920 CONSTRUCTORA ACARAY		
	REPÚBLICA DEL PARAGUAY	ENERO 2023	REV. 00

Estructuras de pavimentos referenciales Pavimentación BELEN_SAN PEDRO						10 años	20 años
Lote	Contratista	Inicio	Fin	Longitud (km)	SN	Eeq Referencia	
1	**Ecomipa S.A.**	Cruce Yacaré Ñe'e_Ruta PY11	km 50	50,00	3,11	3.968.995	7.661.755
2	**Consorcio Vial Oriental (TR_DC)**	km 50	km 88,8 (Belén)+ 17,2 Ripio y 200m puente	38,87	3,29	2.405.544	
3	**Constructora Acaray S.A**	km 0 de (Horqueta)	Belén hasta el km 43,9 (Concepción)	43,92	3,18		

Sin embargo, la Zona en la que se encuentra el Lote 3, Horqueta_ Belén_ Concepción tienen o tendría cargas de transito iguales o mayores, siendo el destino mayoritario la Ruta 5, puertos, o misma Frigorífico privado en la zona de Belén, lo cual debe considerarse. Es recomendación de este especialista considerar mayores EEq o al menos igualar los EEq del proyecto vecino (Lote 2), de 2.465.000 EEq, siendo esto más coherente técnicamente, pero a su vez se encuentra fuera del alcance requerido al contratista, el cual presento su propuesta y cotización según una estructura de pavimento la cual se propone cambiar con la respectiva justificación de estructura equivalente y que su vez se mejora.

Respecto a las capas o materiales nuevos se hace entrega de la EETT **SubBase Granular de Ripio CBR≥60%(3.1.2.1), Subrasante Mejorada con Ripio Natural CBR≥30% y Pavimento de Concreto Asfaltico con Polímero (3.5.1),** siendo estos los Ítems nuevos propuestos y sobre los cuales se insiste en la necesidad de un control constante por parte del Contratista y otros responsables de obra.

Fernando Paniagua
Especialista en Pavimento
MÉTRICA INGENIERÍA S.A.

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

ANEXOS

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

MÉTRICA INGENIERIA	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO_ LOTE 3, KM 0+000 - KM 43+920 CONSTRUCTORA ACARAY		
	REPÚBLICA DEL PARAGUAY	ENERO 2023	REV. 00

A.1. Memoria de Calculo_ Metodología AASHTO

Memoria de Cálculo Diseño de Pavimento asfáltico Método AASHTO 1993

PROYECTO	:	LOTE 3 , KM 0+000 - KM 43+920	
TRAMO	:	Proyecto de 43 km	
PERIODO DE ANÁLISIS	:	10	años

1-Datos de diseño

Tránsito: EE acumulados	:	1.467.000	EE
CBR (%) Suelo de fundación	:	10,9	%

2-Datos del proyecto

Nivel de confiabilidad R	:	85	%
Desviación normal So	:	0,5	
Índice de serviciabilidad inicial p_i	:	4,2	
Indice de serviciabilidad final p_f	:	2,2	

3-Cálculo de parámetros Fórmula AASHTO 1993

Variación índice de serviciabilidad	:	2	
Módulo Resiliente de la Subrasante	:	81,18	MPa
Coeficiente de confiabilidad	:	1,037	

4-Numero Estructural requerido

NE requerido para carpeta asfáltica	:	4,45	cm
NE requerido para la estructura	:	7,59	cm

5-Diseño de la estructura del pavimento

5.1-Coeficientes estructurales		Año 0		Año 10	
		a_i	m_i	a_i	m_i
Capa 1	Concreto Asfáltico en caliente. Marshall 9 kN.	0,432	-	0,41	-
Capa 2	Base Granular Estabilizada CBR 100%	0,140	1	0,13	1
Capa 3	Sub-base Enripiada CBR 60%	0,127	1	0,12	1
Capa 4					
Capa 5					

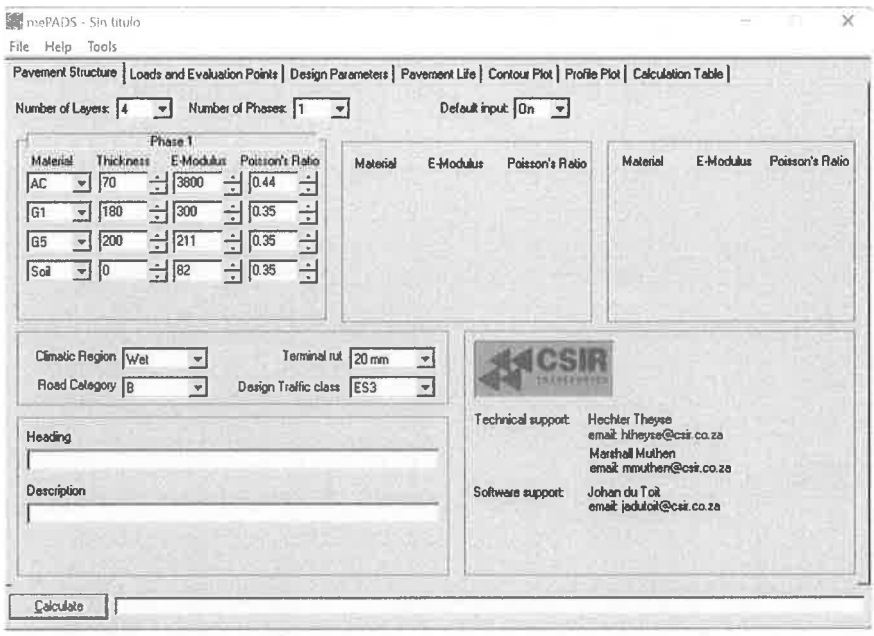
5.2-Diseño de espesores		Espesor(cm)	a_i	Año 0 m_i	NE_i(cm)	Año 10 $a_{i10años}$	NEi10(cm)
Capa 1		7	0,4318	-	3,02	0,41	0,00
Capa 2		18	0,1397	1	2,51	0,13	2,26
Capa 3		20	0,127	1	2,54	0,12	2,41
Capa 4							
Capa 5							
	Suma	45	NE asfalto		3,02	No cumple	0,00
			NE estructura		8,08	OK	4,68

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.

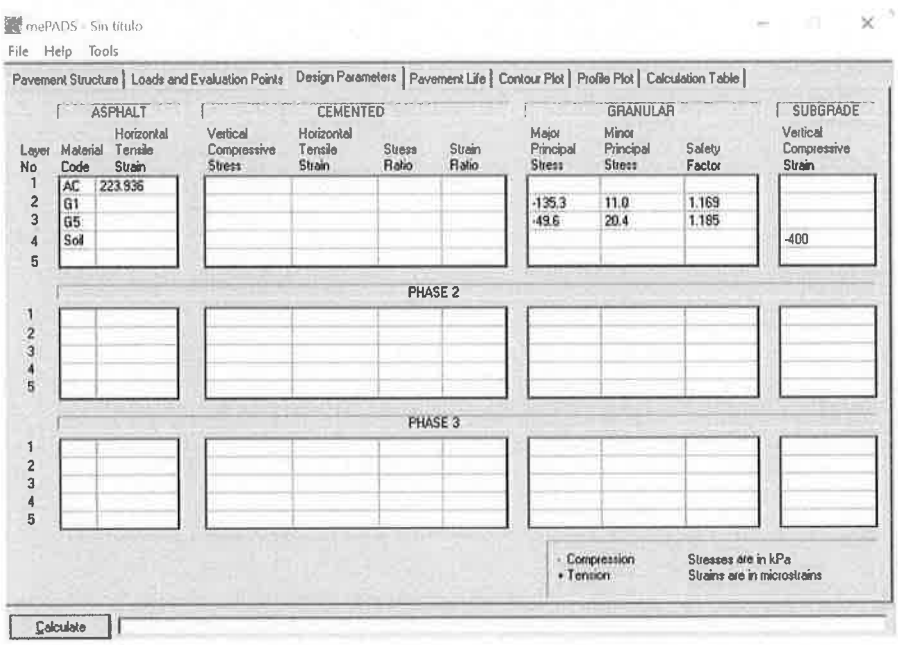
MÉTRICA INGENIERÍA	ESTRUCTURA DE PAVIMENTO_ LOTE 3, KM 0+000 - KM 43+920 CONSTRUCTORA ACARAY		
	REPÚBLICA DEL PARAGUAY	ENERO 2023	REV. 00

A.2. Memoria de Calculo_ Metodología E-M mePAD

1- Datos de Entrada (introducidos manualmente)



2- Resultados obtenidos_ Valores Críticos (resultado del software)



3- Distribución de aporte estructural de las capas del pavimento propuesto

Ing. Mirta Ramírez
Supervisora de Obras
M.O.P.C.